

УДК 528.084.3+631/635

Е.В. Ковалёва, Н.А. Лопачёв, О.С. Кузьмина, А.И. Тетерядченко, Е.Ю. Колесниченко

МОНИТОРИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ПАХОТНЫХ ПОЛЯХ С ПОМОЩЬЮ ДЕШИФРИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

Аннотация. Работа посвящена оценке эрозионных процессов на пахотных почвах земель сельскохозяйственного назначения действующих систем земледелия на примере Белгородской области. Проведенные исследования по топографическим картам и космическим снимкам на землях сельскохозяйственного назначения Лознянского сельского поселения за период 1869-2020 гг. показали большую изменчивость суммарной длины, густоты и плотности струйчатых размывов, которая чётко прослеживается во временной тенденции к увеличению. Что позволяет сделать вывод о наличии эрозионных борозд и промоин в динамике плановой структуры промоинно-ручейковой сети на пашне. Основные параметры, количественно характеризующие динамику пояса струйчатой эрозии, показывают увеличение показателей в несколько раз. Плотность и густота овражно-балочной сети за 150-летний период увеличилась в 3,19 раз, а величина средней скорости роста овражно-балочной сети за исследуемый период составила 1,59 м/год. Дешифрирование снимков по данным дистанционного зондирования Единой федеральной информационной системы о землях сельскохозяйственного назначения, показывает, что нерациональная организация территории способствует росту овражно-балочной сети на территории Лознянского сельского поселения. Из 83 пахотных полей, расположенных в границах сельскохозяйственных земель, почти 70% территории пахотных участков были спроектированы: без учёта контурной организации территории, где крутизна склона превышала 2-3°; встречаются поля треугольной формы с острыми углами, образующими клинья при агротехнических мероприятиях; много полей с вкрапленными элементами; имеются поля без выполненных вовремя мелиоративных, гидротехнических и лесомелиоративных мероприятий, повлекшие разрушительные процессы. Результаты исследования контуров пашни, показали, что 15,87% пашни на участке сильносмытые, среднесмытые около 64,96%, слабосмытые 36,92%, несмытые только 12,17%.

Ключевые слова: пахотные земли, динамика изменения, дешифрирование снимков, дистанционное зондирование, эрозионные борозды, плотность промоин, деградация

MONITORING STUDIES OF EROSION PROCESSES IN ARABLE FIELDS BY DECIPHERING SPACE IMAGERY

Abstract. The work is devoted to the assessment of erosion processes on arable soils of agricultural land of existing agricultural systems using the example of the Belgorod region. Studies carried out on topographic maps and space images on agricultural lands of the Loznyansky rural settlement for the period 1869-2020. showed a large variability in the total length, density and density of jet blurs, which is clearly traced in the temporal tendency to increase. What makes it possible to conclude about the presence of erosion furrows and promontory in the dynamics of the planned structure of the promontory-brook network on arable land. The main parameters that quantify the dynamics of the jet erosion belt show an increase of several times. Density and density of the ravine-beam network increased by 3.19 times over the 150-year period, and the average growth rate of the ravine-beam network for the study period was 1.59 m/year. The decryption of images according to remote sensing data of the Unified Federal Information System on Agricultural Lands shows that the irrational organization of the territory contributes to the growth of the beam network on the territory of the Loznyansky rural settlement. Of the 83 arable fields located within the boundaries of agricultural land, almost 70% territories of arable plots were designed: without taking into account the contour organization of the territory where the slope exceeded 2-3°; there are triangular fields with sharp angles that form wedges during agricultural activities; many fields with embedded elements; there are fields without timely reclamation, hydraulic and forestry measures, which have resulted in destructive processes. The results of the study of arable land circuits showed that 15.87% arable land on the site is heavily washed, average washed about 64.96%, slightly washed 36.92%, unwashed only 12.17%.

Keywords: arable land, dynamics of change, decryption of images, remote sensing, erosion furrows, density of promontory, degradation

Введение. Космические технологии являются идеальным средством глобального, постоянного и надежного мониторинга окружающей среды. Они дают оперативную информацию, используемую в различных сферах: картографировании, решении задач чрезвычайных ситуаций, гидрологии, лесного и сельского хозяйства, экологического мониторинга.

Геоинформационные системы, создаваемые на базе космических, авиационных и наземных данных, позволяют решать задачи по оценке состояния окружающей среды, про-

гнозу негативных природных процессов, накоплению и анализу материалов по определенным территориям.

Активная эксплуатация земельных ресурсов привела к значительному снижению плодородия почв. Еще на рубеже XIX-XX веков основная часть черноземных почв содержала 7-10% гумуса. В начале XXI века значительно возросло количество земель с содержанием гумуса 4-7% и появились почвы, содержащие всего 2-4% органического вещества (Чеботарёв, 2011).

Длительная распашка пахотных земель и их интенсивное сельскохозяйственное использование сопровождается постоянным ростом эрозионных процессов на пахотных почвах.

Среди многих экзогенных факторов, участвующих в формировании рельефа поверхности суши, ведущая роль принадлежит работе водных потоков. Среди них наиболее широко распространены склоновые потоки, часто не образующие постоянных русловых форм, но, тем не менее, в силу ряда обстоятельств, способные производить большую работу по отрыву и трансформации частиц на земной поверхности, что и является сущностью эрозионного процесса (Ларионов, 1993).

Важным фактором эрозии является противозэрозийная емкость почв, определяемая механическим составом почв и ее влагоемкостью. Значительными условиями, влияющими на сток, являются и агротехническое состояние поверхности склонов – вид и время обработки, тип культур и использования угодья.

Основной причиной проявления эрозии остается неправильное ведение сельского хозяйства, которое сводится к следующему: отсутствие противозэрозийных мероприятий; непродуманное ведение севооборота; перегрузка природного комплекса, повышенным использованием пастбищ, сенокосов (Спесивый, 2011).

Сопоставление протяженности овражной сети по космоснимкам и топографическим картам разных лет и ее сравнение с материалами полевых исследований позволяют сделать выводы о динамике изучаемого процесса.

С появлением в начале XXI века в открытом доступе космических снимков сверхвысокого разрешения (1.65–0.4 м) у исследователей появилась возможность картографирования и проведения мониторинговых исследований развития овражной и «полевой» эрозии. С развитием ГИС технологий появилась возможность полуавтоматизированной идентификации линейных эрозионных форм с использованием космических снимков, позволяющая дешифровать формы эрозии и существенно сократить трудоемкость работ.

Целью исследования явилось динамика эрозионных процессов на пахотных полях земель сельскохозяйственного назначения с помощью ГИС-технологий с использованием космоснимков и разновременных карт.

Материалы и методы исследования. Белгородская область находится на юго-западных и южных склонах Среднерусской возвышенности в бассейнах рек Дона и Днепра. Этим определяется рельеф: всхолмленная пологоволнистая эрозионная равнина со средней высотой 200 метров (над уровнем моря). На юго-востоке – разнотравные луговые степи, в основном распаханые.

На долю сельскохозяйственных угодий Белгородской области, поражённых эрозией, приходится 60% территории. Из них 12% находится под оврагами, половина которых имеют действующие вершины. В среднем на одно хозяйство приходится 7 действующих оврагов, а в некоторых хозяйствах юго-востока области число их достигает 100-150. Если учесть, что в среднем каждый действующий овраг ежегодно прирастает на 20 м², то область теряет ежегодно свыше 30 га сельскохозяйственных угодий (Белосува, 2013).

Исследуемые земли сельскохозяйственного использования, расположенные в Лознянском сельском поселении (Ровеньской район, Белгородской области), представляют собой типичный для южных склонов Среднерусскую возвышенность агроландшафт. Необходимо отметить, что при площади исследуемого поселения 7190 га перепад высот составляет 100 м (рис.1).

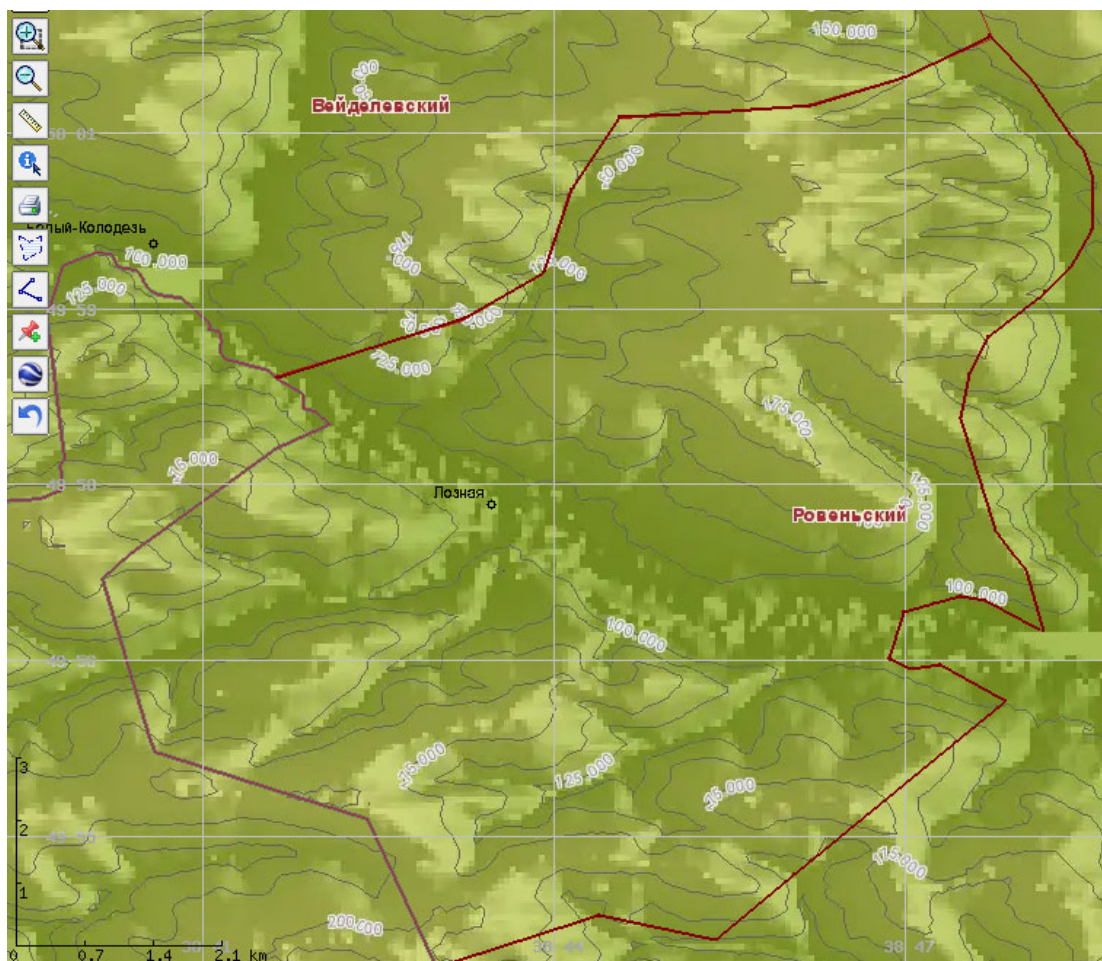


Рис. 1 - Исследуемый массив земель сельскохозяйственного использования с перепадом высот в 100 метров

При выполнении работы использовались следующие методы: обзор и анализ научной литературы; сравнительный, сравнительно-географический, картографический, ГИС-технологии (уникальная научная установка - ВЕГА-Science, входящая в состав Центра коллективного пользования «ИКИ-Мониторинг», предназначенного для решения научных задач изучения и мониторинга окружающей среды с использованием методов и технологий спутникового дистанционного зондирования (Лупьян, 2015); модуля работы с данными дистанционного зондирования Единой федеральной информационной системы о землях сельскохозяйственного назначения (ЕФИС ЗСН) (Козубенко, 2018), созданной и развиваемой Минсельхозом России), а также данные старых топографических карт 1869 года.

Базовым методом исследования являлась визуальная идентификация эрозии пахотных полей путем визуального анализа экранного изображения космических снимков высокого разрешения с использованием данных информационной системы Аналитического центра Минсельхоза России, которые позволяют распознать все процессы развития эрозии на пахотных полях в реальном времени.

Установлено, что для надежного дешифрирования овражных форм могут быть использованы космические снимки, синтезированные в естественных цветах с разрешением 0.5-1.5 м, которые относятся к снимкам высокого и сверхвысокого разрешения: на них выявляются овраги всех типов и стадий развития. В Аналитическом центре Минсельхоза России представлена карта визуализация векторных контуров земель сельскохозяйственного назначения, которая позволяет распознать все процессы развития эрозии на пахотных полях в реальном времени.

К дешифровочным признакам оврагов относятся характерная плановая форма с резкими, геометрически хорошо выраженными границами; наличие четкой бровки и четкой линии тальвега; контрастный фототон на разных бортах оврага, который свидетельствует о профиле оврага, и чем контрастнее он на снимке, тем больше глубина вреза оврага; наличие

отдельных более светлых участков на склонах оврага, соответствующих обнаженным (незадернованным) участкам.

При дешифрировании выделяются овраги разных типов: склоновые, донные и береговые. При этом очень важно отличать их от других линейных форм. Так, промоина отличается от оврага незначительной глубиной, которая не превышает 1.5 м, и шириной менее 3 м. С ростом в длину происходит и углубление промоины, которая переходит в следующую стадию развития (овраг).

На космоснимке (рис. 2) изображен участок местности, для которого характерно наличие различных стадий развития эрозионных форм рельефа: эрозионные борозды, промоины, молодые овраги, овраги в зрелой стадии и балки. Все они отчетливо читаются на снимке и имеют разные дешифровочные признаки: форму, размер, тон и характер тени.

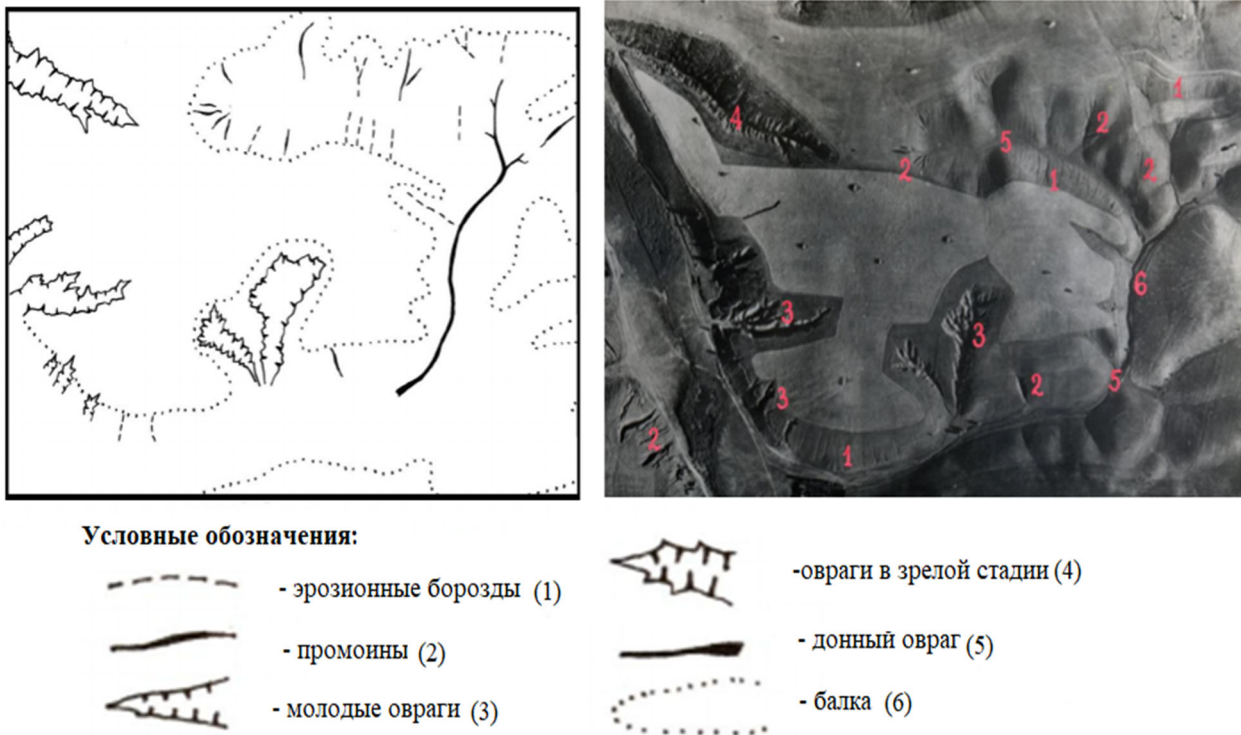


Рис. 2 - Различные стадии развития эрозионных форм рельефа, представленные соответственно на карте и космоснимке

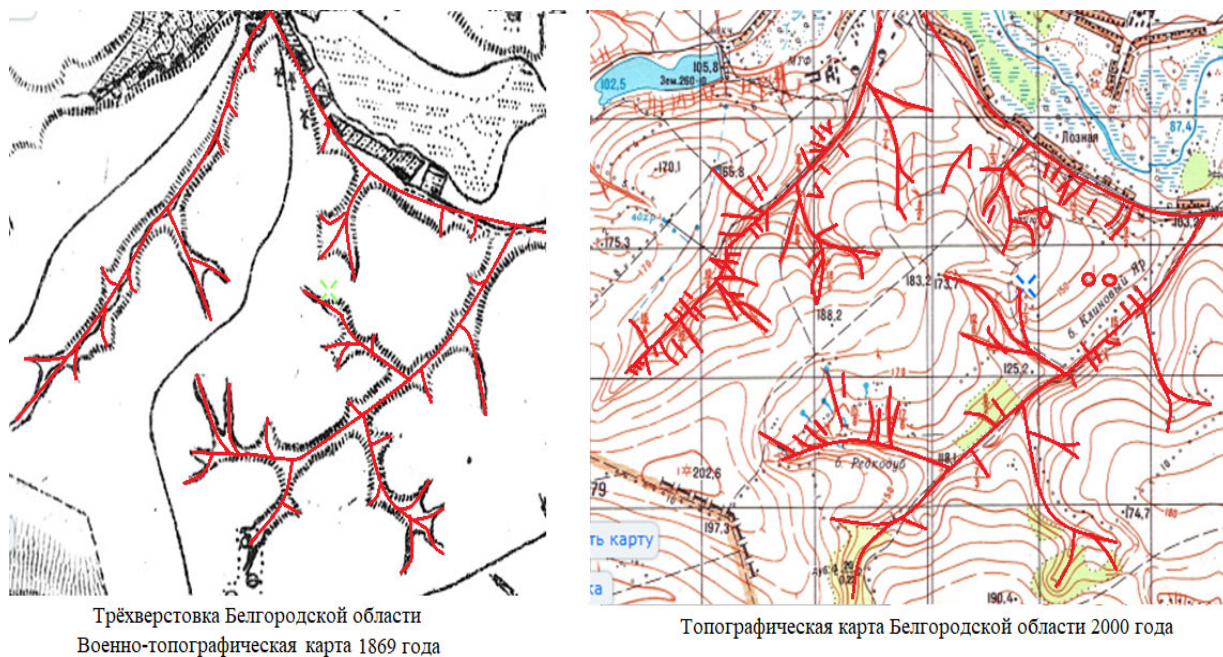
Общая формула, определения средней скорости роста овражно-балочной сети, нами, была выражена так:

$$V = (\sum \ell_1 m_1 - \sum \ell_2 m_2) / n \quad \text{м/год}$$

где ℓ_1 – сумма отрезков длины всех элементов овражно-балочной сети, измеренные на старой топографической карте, ℓ_2 – сумма отрезков длины всех элементов овражно-балочной сети, измеренные на космоснимке в настоящее время, m_1, m_2 – знаменатели масштабов топографической карты и космоснимка соответственно; n – интервал временных лет.

Результаты и обсуждение. В нашем исследовании скорость роста оврагов была определена с помощью разновременных топографических карт 1869 и 2000 годов, а также с помощью космического снимка 2020 года, представленного Аналитическим центром Минсельхоза России. На космическом снимке 2020 года проводился подсчет вновь образовавшихся промоин и эрозионных борозд, и результат сравнивался с топографическими картами старых лет.

На первом этапе исследования, на топографических картах (1869 и 2000 гг.) и космоснимке (2020 г), были отображены все элементы овражно-балочной сети с целью визуального выявления длины и густоты сети со временем (рис. 3).




Условные обозначения:
 - длина и густота овражно-балочной сети.

Рис. 3 - Длина и густота овражно-балочной сети на военно-топографической карте 1869 года и топографической карте 2000 года (массив пахотных полей Лознянского сельского поселения)

На космическом снимке с помощью прямых и косвенных дешифровочных признаков и их динамической сущности, был проведён анализ сравнения аккумуляционных и абразионно-эрозионных форм рельефа, переувлажняющихся или осушающихся участков территории, стареющих или омолаживающихся оврагов (рис.4).



Рис. 4 - Изображение длины и густоты овражно-балочной сети на космическом снимке 2020 года (массив пахотных полей Лознянского сельского поселения Белгородской области)

На исследуемом участке, согласно космическому снимку, наблюдается активизация эрозионных процессов, о чем свидетельствуют следующие признаки: наличие резкого углуб-

ления на дне балки, многочисленные эрозионные борозды на полях сельскохозяйственных угодий и промоины на склонах.

Можно также наблюдать и положительные моменты в отношении развития эрозии. Там, где были посажены лесные полосы и облесено дно оврагов, наблюдается заметное «приостановление» аккумуляционных процессов.

С помощью совместного дешифрирования на основе космических снимков последних лет и топографических карт 1869 и 2000 годов был проведен анализ динамики изменения проявления эрозионных процессов на территории земель сельскохозяйственного назначения в границах лесостепной зоны с целью выявления недостатков в использовании пахотных участков, повлекшие прогрессивное развитие струйчатой эрозии почв. Сравнительный анализ топографических карт разновременных лет и космического снимка на территории лесостепной зоны, показал увеличение густоты овражно-балочной сети и плотности оврагов.

Полученная нами величина средней скорости роста овражно-балочной сети за 150-летний период составила 1,59 м/год.

Основные параметры, количественно характеризующие динамику пояса струйчатой эрозии, показывают увеличение показателей в несколько раз. Плотность и густота овражно-балочной сети за 150-летний период увеличилась в 3,19 раз (табл. 1).

Таблица 1 - Динамика водной эрозии на пахотных участках

| Показатели | Единица измерения | На топографической карте 1869 года | На топографической карте 2000 года | На космическом снимке 2020 года |
|-------------------|--------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| Площадь пашни | км ² | 3,38 | 3,38 | 3,38 |
| Суммарная длина | км | 27,34 | 73,61 | 86,13 |
| Количество вершин | шт | 36 | 98 | 115 |
| Густота промоин | км/км ² | 8,01 | 21,78 | 25,48 |
| Плотность промоин | ед/км ² | 10,65 | 28,99 | 34,02 |

Проведенные исследования по топографическим картам и космическим снимкам на землях сельскохозяйственного назначения лесостепной зоны за период 1869-2020 гг. показали большую изменчивость суммарной длины, густоты и плотности струйчатых размывов, которая четко прослеживается во временной тенденции к увеличению. Что позволяет сделать вывод о наличии эрозионных борозд и промоин в динамике плановой структуры промоинно-ручейковой сети на пашне.

Материалы космических съемок Земли высокого и сверхвысокого разрешения позволяют надежно идентифицировать линейные эрозионные формы, в том числе установить их морфологические особенности на склонах речных бассейнов, выраженных оврагами и промоинно-ручейковой сетью.

Проведенное исследование показало высокую активность поверхностной эрозии пахотных почв на склоновых участках лесостепи Среднерусской возвышенности, наблюдавшейся на протяжении последних десятилетий.

Для пояса струйчатой эрозии рассчитана система количественных показателей, характеризующих ее развитие на пахотных склонах.

Основной задачей по предотвращению водной эрозии почв является создание территориальных условий для прекращения эрозионных процессов на пахотных и прилегающих к ним землях, задержания поверхностного стока, защиты почв от вредоносных ветров, проведения различных противоэрозионных мероприятий, рационального использования сельскохозяйственной техники и высокоэффективной организации труда.

Проведенное мониторинговое исследование развития эрозионных процессов на территории Центральной лесостепи на протяжении 150 лет показало, что рост всех составляющих элементов овражно-балочной сети продолжает с каждым годом расти и увеличиваться в несколько раз.

Основополагающей причиной такой ситуации мы считаем нерациональную организацию территории. То есть, если наблюдать «существующую картину» действующих пахотных полей большей части Центральной лесостепи, можно заметить, что почти все поля спроекти-

рованы без учёта рельефа (на участках, с крутизной поверхности более 3° пахотные поля имеют прямолинейную организацию территории, вместо контурной); не хватает лесомелиоративных мероприятий, которые в большей степени, помогают задерживать аккумулятивные процессы на пашне.

Поэтому с целью наиболее полного учета различных природных факторов и создания необходимых территориальных условий для возделывания сельскохозяйственных культур необходима внутриполевая организация территории, заключающаяся в проектировании агротехнически однородных (рабочих) участков и размещении по их границам лесных полос и полевых дорог.

С учётом всех выявленных деградационных процессов на пахотных полях с помощью дешифрирования космического снимка и составленной картосхемы распределения элементов рельефа, нами был составлен рекомендуемый проект противоэрозионной организации территории в системе внутрихозяйственного землеустройства, который в будущем при его реализации позволит приостановить прогрессивное развитие эрозии на пахотных полях сельскохозяйственных угодий (рис.5, 6).

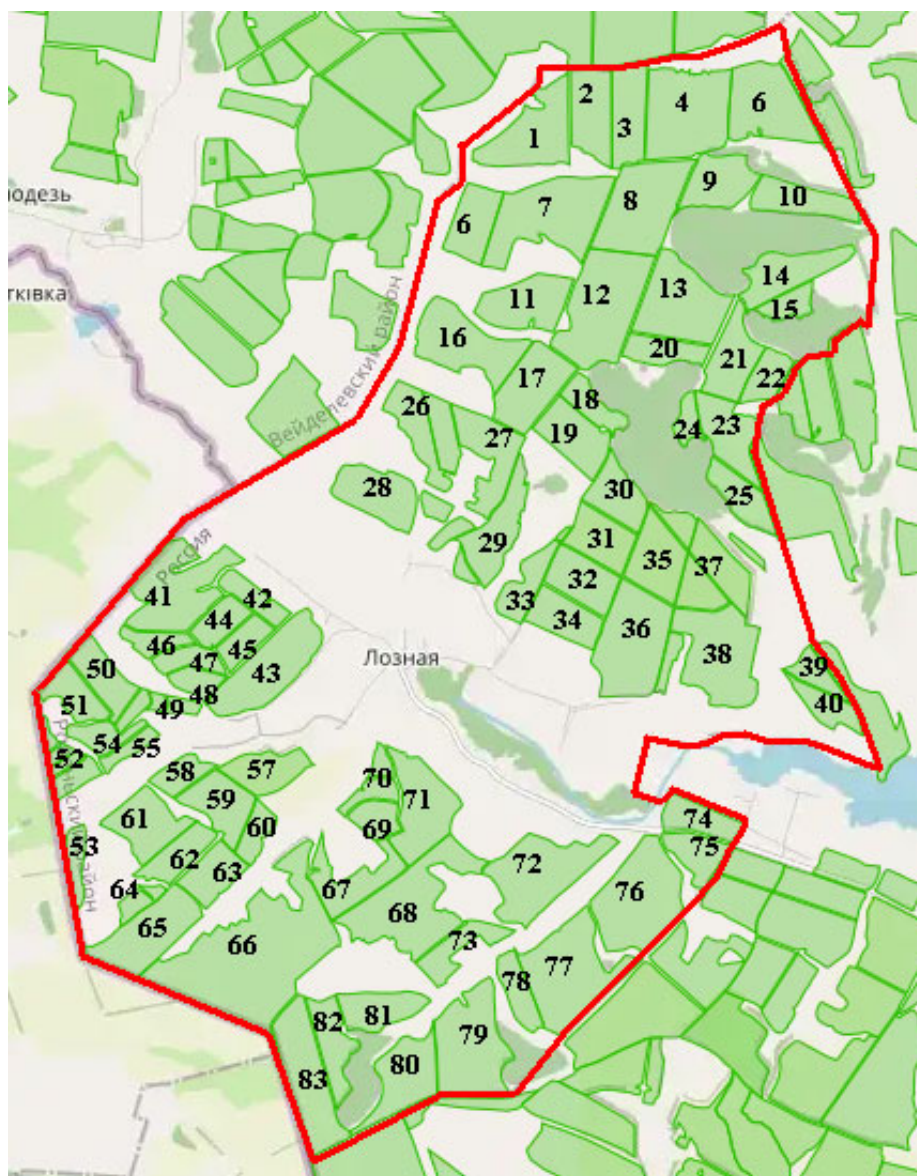


Рис. 5 - Контурные пахотных полей Лознянского сельского поселения на карте визуализации земель сельскохозяйственного назначения Единой федеральной информационной системы



Рис. 6 - Рекомендуемая противоэрозионная организация территории Лознянского сельского поселения с учётом исправления ошибок использования пахотных земель землепользования, повлекшие прогрессивное развитие деградационных процессов

Заключение. Анализ полученных данных подтверждает: изменения свойств почв (уменьшение содержания гумуса, уменьшение мощности гумусового горизонта) приурочены прежде всего к линейным формам проявления эрозии. Это положение дает основание для проведения оценки почвенно-эрозионного состояния на основе методов дешифрирования изображения по космоснимкам.

В ходе исследований ложинно-ложбинного звена гидрографической сети была изучена важная особенность, присущая данным территориям. Ложбинные звенья являются зоной перехода плоскостной формы эрозии в ее линейные формы (территория временной речушечной сети, которая формируется во время интенсивных летних осадков).

Рекомендации: с помощью модуля данных дистанционного зондирования Единой федеральной информационной системы о землях сельскохозяйственного назначения в границах муниципального района любого региона Российской Федерации, сначала выявить все недостатки в использовании сельскохозяйственных угодий, повлекшие деградацию пахотных почв, а затем их устранение, с помощью внедрения в систему земледелия обязательных мероприятий по возобновлению пахотных участков и истощению почв.

Библиография

1. Белоусова Л.И., Киреева-Гененко И.А., Петина В.И., Шевченко В.Н., Фурманова Т.Н. Оценка эколого-геоморфологической опасности территории Белгородской области // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=10467>.
2. Козубенко И.С., Бегляров Р.Р., Вандышева Н.М., Бабак В.А., Денисов П.В., Трошко К.А. Использование материалов дистанционного зондирования Земли в Единой федеральной информационной системе о землях сельскохозяйственного назначения (ЕФИС ЗСН) // Материалы 2-й Всерос. науч. конф. с международным участием «Применение средств дистанционного зондирования Земли в сельском хозяйстве». Санкт-Петербург, 26-28 сент., 2018. СПб.: ФГБНУ АФИ, 2018. С. 19-25.
3. Лупян Е.А., Прошин А.А., Бурцев М.А., Балашов И.В., Барталев С.А., Ефремов В.Ю., Кашницкий А.В., Мазуров А.А., Матвеев А.М., Суднева О.А., Сычугов И.Г., Толпин В.А., Уваров И.А. Центр коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных ИКИ РАН для решения задач

изучения и мониторинга окружающей среды // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 5. С. 263-284.

4. Ларионов Г.А. Эрозия и дефляция почв: основные закономерности и количественные оценки. – М. : Изд-во МГУ, 1993. – 200 с.

5. Спесивый О.В. Обоснование допустимых эрозионных потерь почвы для целей управления качеством земельных ресурсов // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2011. № 10. – С. 77-84.

6. Чеботарев П.М., Спесивый О.В., Ахтырцев А.Б. Трансформация деградационных процессов на землях Воронежской области в последние десятилетия // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2011. № 1. – С. 173-178.

References

1. Belousova L.I., Kireeva-Genenko I.A., Petina V.I., Shevchenko V.N., Furmanova T.N. 2013. Assessment of the ecological and geomorphological danger of the territory of the Belgorod region//Modern problems of science and education. № 5. [Electronic resource]. Access Mode: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=10467>.

2. Kozubenko I.S., Beglyarov R.R., Vandyshva N.M., Babak V.A., Denisov P.V., Troshko K.A. 2018. Use of Earth remote sensing materials in the Unified Federal Information System on Agricultural Lands (EFIS ZSN) // Materials 2nd All. scientific. conf. with international participation «Application of Earth remote sensing in agriculture» St. Petersburg, 26-28 Sep., 2018. St. Petersburg : FSBNU AFI. P. 19-25.

3. Lupyan E.A., Proshin A.A., Burtsev M.A., Balashov I.V., Bartalev S.A., Efremov V.Yu., Kashnitsky A.V., Mazurov A.A., Matveev A.M., Sudneva O.A. 2005. Sychugov. Т. 12. № 5. P. 263-284.

4. Larionov G.A. Erosion and deflation of soils: the main patterns and quantitative estimates. – М. : Publishing House of Moscow State University, 1993. – 200 p.

5. Spesivy O.V. Substantiation of permissible erosion soil losses for the purposes of land resource quality management // Land management, cadastre and land monitoring. 2011. № 10. – P. 77-84.

6. Chebotarev P.M., Spesivy O.V., Akhtyrsev A.B. Transformation of degradation processes on the lands of the Voronezh region in recent decades // Bulletin of Voronezh State Agrarian University. 2011. № 1. – P. 173-178.

Сведения об авторах

Ковалёва Елена Владимировна, кандидат географических наук, доцент кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул.Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.+74722 39-23-96, e-mail: ele-serikova@yandex.ru

Лопачёв Николай Андреевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Земледелия, агрохимии и агропочвоведения» ФГБОУ ВО «Орловский ГАУ им. Н.В. Парахина», ул. Генерала Родина, 69, г. Орёл, Россия, 302019, тел.: +7 (4862) 43-69-98, Email: lopachev.nikolai@yandex.ru

Кузьмина Ольга Сергеевна, преподаватель кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел. +74722 39-23-96, e-mail: osk9592@mail.ru

Тетерядченко Алексей Иванович, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры электрооборудования и электротехнологий в АПК, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел. +74722 39-23-31, e-mail: tetryadchenko-a@mail.ru

Колесниченко Елена Юрьевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры, декан агрономического факультета, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.+74722 39-33-63, e-mail: kolesnichenko_ey@bsaa.edu.ru

Information about authors

Kovalyova Elena Vladimirovna, candidate of geographical sciences, dozent of the Department of Agriculture, Agrochemistry, Land Management, Ecology and Landscape Architecture, FSBOU VO Belgorod GAU, st. Vavilova, d.1, Maysky, Belgorod District, Belgorod Region, Russia, 308503, tel. + 74722 39-23-96, e-mail: ele-serikova@yandex.ru

Lopachev Nikolai Andreevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agriculture, Agrochemistry and Agrochemistry, FSBOU VO Oryol GAU named after N.V. Parakhin, ul. General Rodina, 69, Oryol, Russia, 302019, tel.: +7 (4862) 43-69-98, Email: lopachev.nikolai@yandex.ru

Kuzmina Olga Sergeevna, teacher of the Department of Agriculture, Agrochemistry, Land Management, Ecology and Landscape Architecture, FSBOU VO Belgorod GAU, st. Vavilova, d.1, Maysky, Belgorod District, Belgorod Region, Russia, 308503, tel. + 74722 39-23-96, e-mail: osk9592@mail.ru

Tetryadchenko Alexey Ivanovich, candidate of technical sciences, senior lecturer at the Department of Electrical Equipment and Electrical Technologies in the agro-industrial complex, FSBOU VO Belgorod GAU, st. Vavilova, d.1, p. Maysky, Belgorod district, Belgorod region, Russia, 308503, tel. + 74722 39-23-31, e-mail: tetryadchenko-a@mail.ru

Kolesnichenko Elena Yuryevna, candidate of agricultural sciences, associate professor of the Department of Agriculture, Agrochemistry, Land Management, Ecology and Landscape Architecture, Dean of the Faculty of Agronomy, FSBOU VO Belgorod GAU, st. Vavilova, d.1, Maysky, Belgorod District, Russia, 308503, tel. + 74722 39-33-63, e-mail: kolesnichenko_ey@bsaa.edu.ru