

## СТАТЬЯ

УДК 911.9(470.325)  
DOI 10.17513/use.38042

**ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ОВРАЖНЫХ ФОРМ  
НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ****Саблина О.М.**

*ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,  
Белгород, e-mail: sablina@bsu.edu.ru*

В настоящее время в связи с увеличенной антропогенной нагрузкой значительные территории нашей страны подвержены эрозионным процессам. Белгородская область не исключение, здесь повсеместно мы наблюдаем активные оврагообразовательные процессы. В статье рассмотрено изучение развития овражных форм с использованием разновременных картографических материалов, ДДЗ, полевых исследований с использованием тахеометрической съемки, БПЛА. Исследования были проведены на территории водосборного бассейна 4 порядка р. Псел в Ивнянском районе Белгородской области. Временной период полевых исследований составил 3 года, динамика развития оврагообразовательного процесса была оценена по разновременному картографическому материалу и ДДЗ за период с 1955 по 2017 г. При проведении исследований использованы методы тематической обработки космических снимков, геопространственного анализа, ГИС-моделирования, сравнительно-географический, метод аналогий, ландшафтного планирования, а также методы статистической и математической обработки данных. В результате выполнения исследования были определены морфометрические показатели исследуемых ключевых овражных форм. Статья содержит результаты полевых и камеральных исследований. Для детального изучения овражной формы с максимальным линейным приростом были проведены исследования с использованием тахеометрической съемки и беспилотных летательных аппаратов.

**Ключевые слова:** овраг, ГИС, эрозия, линейный прирост

**FEATURES OF DEVELOPMENT OF GULLY FORMS  
ON THE TERRITORY OF THE BELGOROD REGION****Sablina O.M.**

*Belgorod State National Research University, Belgorod, e-mail: sablina@bsu.edu.ru*

Currently, due to the increased anthropogenic load, large areas of our country are subject to erosion processes. The Belgorod region is no exception, everywhere we observe the active development of ravine-forming processes. The article considers the study of the development of gully forms using multi-time cartographic materials, DDZ, field studies using total station survey, UAV. The studies were carried out on the territory of the catchment area of the 4th order of the river. Psel. in the Ivnyansky district of the Belgorod region. The time period of field research was 3 years, the dynamics of the development of the ravine-forming process was estimated by different-time cartographic material and DDZ for the period from 1955 to 2017. The research uses methods of thematic processing of satellite images, geospatial analysis, GIS modeling, comparative geographical, analogy method, landscape planning, as well as methods of statistical and mathematical data processing. As a result of the study, morphometric indicators of the studied key gully forms were determined. The article contains the results of field and desk research. For a detailed study of the gully shape with the maximum linear increment, studies were conducted using total station surveys and unmanned aerial vehicles.

**Keywords:** ravine, GIS, erosion, linear growth

В настоящее время, учитывая тектонические движения, интенсивно формируется овражно-балочная сеть, развитие которой формирует достаточное высокое расчленение рельефа, вместе с этим растут уклон земной поверхности, что способствует активизации гравитационных, карстовых, суффозионных и делювиальных процессов [1]. Развитие горизонтального расчленения территории характеризуется в основном наличием и процессами развития активных форм эрозионной сети. Верхние звенья эрозионной сети как раз и являются активными эрозионными формами, из них принято считать оптимально определяемыми овраги, ложбины и промоины. Указанные эрозионные формы обладают значимыми размерами ( $n \times (10-3 \div 102)$  км) и высокой скоростью

развития (отмечено, что скорость роста некоторых ложбин на территории Белгородской области может достигать 2,6 м/год) [2]. Образование оврагов на территории Белгородской области непосредственно связано с изменением природного комплекса под влиянием как антропогенного воздействия, так и природных факторов в течение довольно продолжительного периода времени [2].

Установление активности проявления роста овражных форм на разных стадиях развития – задача, решение которой возможно лишь в синтезе анализа ДДЗ, данных получаемых при полевых исследованиях, совокупность результатов которых позволит составить общую расчетную схему или модель оврагообразовательного процесса с использованием ГИС [3, 4]. Данные о про-

странственном расположении и линейном приросте вершинных частей оврагов являются основным источником сведений о росте оврагов. Учеными предлагаются различные методики по созданию систем мониторинга динамики развития овражной сети: создание геопортала с возможностью внесения пользователями данных об изменении оврагов [5].

Актуальность проведения практических исследований для изучения развития линейной эрозии связана с ущербом, наносимым овражной эрозией сельскохозяйственным угодьям [6]. Мониторинг прироста оврагов должен проводиться на небольших территориях со схожими природными и антропогенными условиями. Метод реперных точек позволяет провести линейные измерения прироста овражной сети с наименьшими трудовыми и финансовыми затратами.

Цель исследования – анализ динамики линейного прироста эрозионных форм на модельном участке исследования, путем применения метода реперных точек.

На территории Белгородской области до настоящего исследования не имелось верифицированных данных о линейном приросте овражной сети. Данные о линейном приросте позволяют не только проанализировать, но и прогнозировать развитие овражной сети на территории исследования и перенести полученный опыт на всю Белгородскую область.

#### **Материалы и методы исследования**

Исследования, проводимые в полевых условиях, в большинстве своем направлены также на верификацию геоинформационного моделирования и прогнозирования развития этих овражных форм. Полученные количественные характеристики овражных форм в Китае позволили определить тренды развития овражной эрозии, с большей точностью прогнозировать эрозионные процессы. Европейские ученые при проведении исследований развития овражной эрозии в большинстве случаев при изучении линейного прироста оврагов проводят почвенные исследования смываемого грунта [7].

На основе существующего законодательства исследования развития оврагов (ГОСТ, ОСТ) должны проводиться с использованием методов реперов и топографо-геодезической съемки с помощью тахеометра Trimble M3 и роботизированного тахеометра с возможностями проведения наземного лазерного сканирования (НЛС) Trimble VX Spatial Station, который также

использовался для 3D-сканирования тела оврагов [8]. Для прогнозирования развития овражной сети применяются методы математико-статистического анализа совместно с анализом динамических факторов, среди которых, как показывают исследования, наибольшее влияние оказывают гидрометеорологические факторы и антропогенное воздействие на природные комплексы [9].

Наиболее популярным инструментом изучения оврагов остается наземное лазерное сканирование, несмотря на то, что использование БПЛА позволяет получить достаточно точные данные о количественных и качественных характеристиках объекта исследования. Ключевым показателем для определения противоэрозионных мероприятий являются данные о линейном приросте оврага [10].

Объектом исследования выступает модельный водосбор на территории Ивнянского района Белгородской области.

Наиболее распространенными эрозионными формами рельефа в Белгородской области являются ложбина, промоина, овраг, балка, овражно-балочная система [11, 12]. Овражно-балочная система – эрозионная система оврагов и балок, разделенная слегка выпуклыми водоразделами; характерна для возвышенно-равнинных территорий, покрытых легкоразмываемыми горными породами [13].

Данные о пространственном расположении и линейном приросте вершинных частей оврагов являются основным источником сведений о росте оврагов. С целью получения количественных данных о развитии овражной эрозии было проведено исследование при помощи установления реперов наблюдения на каждой из овражных форм. Метод реперных точек позволяет провести линейные измерения прироста овражной сети с наименьшими трудовыми и финансовыми затратами. Общие климатические условия, антропогенное воздействие на исследуемую территорию, степень освоения территории, геоморфологические характеристики позволяют оценить влияние на развитие оврага противоэрозионных лесополос, оценить влияние морфометрических характеристик, влияющих на развитие оврага.

Метод заключается в измерении расстояний от вершины оврага до предварительно установленного репера, который расположен по линии роста оврагов. Реперные точки устанавливаются в местах, которые с течением времени не претерпели никаких изменений относительно их исходного местополо-

жения. Реперными точками следует считать пересечения дорог, здания, сооружения, отдельно стоящие деревья, водонапорные башни, колодцы и др. Для анализа динамики изменения верховья оврага измеряют расстояние от реперной точки до верховья, два раза в год, весной после таяния снега и осенью после первых заморозков [14].

### Результаты исследования и их обсуждение

Ранее нами изучена динамика развития овражной сети по разновременным картографическим материалам, что позволило выявить изменения овражной сети исследуемой территории: изменения в протяженности, ширине и конфигурации границ овражной сети зафиксированы на большей части территории. Также на территории

Белгородской области было отмечено и образование новых оврагов [15].

Полевые исследования овражной эрозии направлены на выявление линейного прироста оврагов, характера, скорости их развития.

При исследовании территории водосбора с изучаемыми участками, расположенного в центральной части области, было выявлено, что протяженность овражной сети составила 48,7 км, протяженность балочной сети – 115,6 км, суммарная протяженность составила 164,3 км, площадь водосборов составляет 145,2 км<sup>2</sup>.

Для оценки линейного прироста овражных форм на исследуемом участке была проведена предварительная оценка изменения линейных форм по разновременным картографическим материалам и ДДЗ за период с 1955 по 2017 г. (таблица).

Прирост овражных форм на территории исследования за период с 1955 по 2017 г. (м)

№ эрозионной формы	Тип оврага	Форма рельефа	Экспозиция	1955	2017	Разница
				Длина, метры		
1	береговой	овраг	западная	137	155	18
2	береговой	овраг	южная	68	125	57
3	склоновый	овраг	южная	269	375	106
4	склоновый	промоина	западная	41	198	157
5	склоновый	балка	восточная	592	620	28
6	склоновый	овраг	северо-западная	1151	1185	34
7	склоновый	балка	западная	119	184	65
8	береговой	овраг	южная	105	112	7
9	береговой	промоина	северная	25	40	15
10	береговой	овраг	северная	88	102	14
11	склоновый	балка	северная	92	95	3
12	склоновый	овраг	юго-восточная	182	270	88
13	донный	овраг	северо-восточная	88	90	2
14	береговой	овраг	восточная	43	86	43
15	береговой	промоина	южная	51	67	16
16	береговой	овраг	южная	74	130	56
17	склоновый	овраг	северная	216	250	34
18	береговой	овраг	северо-западная	139	170	31
19	береговой	овраг	южная	205	208	3
20	склоновый	овраг	северная	82	105	23
21	береговой	промоина	северная	51	120	69
22	склоновый	овраг	северная	150	290	140
23	береговой	овраг	восточная	77	126	49
24	склоновый	овраг	северная	286	290	4
25	склоновый	промоина	юго-восточная	40	175	135
26	склоновый	промоина	северная	80	137	57
27	склоновый	промоина	восточная	50	115	65
28	береговой	промоина	северная	49	69	20
29	береговой	овраг	восточная	210	239	29
30	склоновый	овраг	южная	110	110	0

Анализируя таблицу, видим, что наибольшего прироста достигли овражные формы № 3, 4, 12, 22, расположенные в центральной части водосбора, что связано с отсутствием противоэрозионных мероприятий, значительной антропогенной нагрузкой, а также с природными особенностями территорий расположения овражных форм (экспозиция склона). Минимальные показатели прироста овражных форм отмечены на участках № 14, 15, 30, 28, 24, 30, где отмечено наличие нескольких видов противоэрозионных мероприятий, таких как залужение, земляные валы и лесополосы.

На рис. 1 отображен прирост овражных форм за период полевого исследования (3 года). Из существующей выборки оврагов 63% соответствуют развивающимся оврагам, 30% соответствуют первой стадии развития оврага – промоине, которая переходит в овраг, на ней зафиксирован вершинный обрыв, и только 7% имеют затухающую стадию, соответствующую переходу в балку.

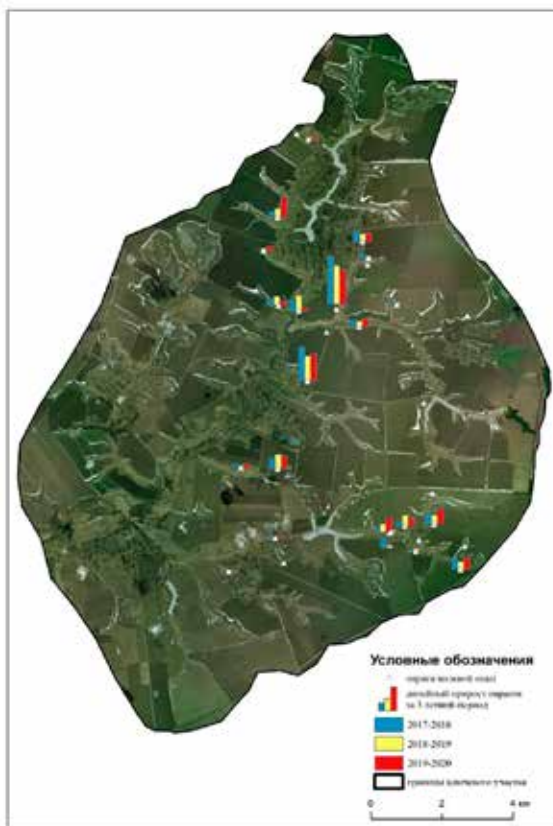


Рис. 1. Диаграммы линейного прироста овражных форм за 2017–2020 гг. (м)

Более чем у половины оврагов, находящихся в активной стадии развития, были отмечены изменения состояния верховья

оврага спустя год, что свидетельствует о значительной скорости развития оврага.

Суммарный прирост изучаемых оврагов за 3 года исследования составил 1391 см, из них 825 см соответствует активно развивающимся овражным формам, оставшиеся 507 см – это общее увеличение промоин, переходящих в овраги. Средняя скорость активно развивающихся оврагов составила 43 см/год, промоины 57 см/год, балочные формы имеют соответственно самую низкую скорость развития – 29 см/год.

Высокие показатели линейного прироста отмечены у оврагов, которые расположены на склонах западной и южной экспозиций, что можно объяснить увеличением скорости снеготаяния за счет инсолируемости склона, что ведет к увеличению поверхностного стока, что и вызывает увеличение скорости развития овражной формы.

Поскольку на ключевом участке № 4 отмечен максимальный линейный прирост, с целью установления точных количественных данных о приросте овражной формы на данной территории были дополнительно проведены тахеометрическая съемка (2018 г.) и съемка с использованием БПЛА (2020 г.).

Овраг расположен на поперечно-вогнутом склоне, с уклоном 1–3°, восточной экспозиции, профиль тальвега слабовыпуклый, верховье оврага выходит на пашню и подвергается активному землепользованию, здесь не применены никакие противоэрозионные мероприятия, что провоцирует развитие оврага.

Изучение динамики развития оврага в рамках двух лет показало, что рост протяженности оврага за весенне-летний период выше, нежели прирост за осенне-зимний период, что позволяет сделать вывод о наибольшем влиянии на рост овражной сети процессов снеготаяния, а также о незначительном влиянии ливневых осадков в осенний период. Незначительное изменение расстояния от реперных точек до бровок оврага свидетельствует об отсутствии обрушений бровок оврага при значительном линейном развитии оврага, о чем свидетельствуют данные изменений месторасположения верховья оврага.

На правой бровке оврага было зафиксировано более активное изменение бровки оврага, что связано с наибольшей инсолируемостью юго-западной части склона, а также с наименьшей задернованностью этого склона, что является неблагоприятными факторами развития овражной формы.

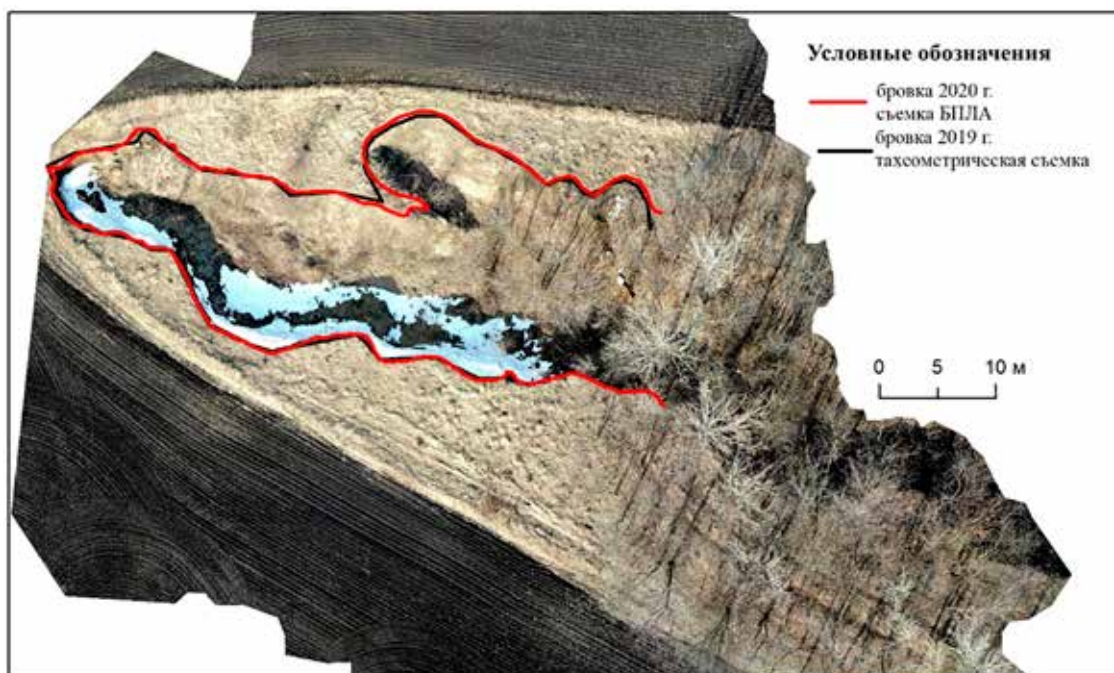


Рис. 2. Анализ данных, полученных с БПЛА (2020 г.) и тахеометрической съемки (2018 г.)

Точные данные о линии бровки оврага, тальвега, были получены при проведении тахеометрической съемки.

С целью анализа динамики изменения верховья, бровок оврага весной 2020 г. была проведена уточняющая съемка с помощью БПЛА DJI Mavic Air. При обработке данных были определены границы оврага и проведен сравнительный анализ их с предыдущими результатами тахеометрической съемки (рис. 2).

На рис. 2 отмечена линия бровки, которая была определена на основании данных, полученных с БПЛА, и линия бровки оврага, полученная в результате тахеометрической съемки и обработки. Анализ данных с разных источников позволил зафиксировать незначительное изменение бровок оврага.

На всей территории исследования прирост протяженности всех линейных форм эрозии составляет 1363 см, более 800 из которых наблюдается на активно развивающихся оврагах, увеличение прироста также было отмечено на промоинах – 537 см. В ходе проведения исследования были получены данные о средней скорости развития оврагов, промоин, балок на исследуемой территории: овраги – 43 см в год, промоины – 57 см в год, балочные формы – 29 см в год. Анализируя прирост на различных типах овражных форм, была выявлена закономерность: скорость прироста склоно-

вых оврагов почти в 2 раза выше скорости береговых, что свидетельствует о незначительном влиянии гидрографического фактора, наличии водоемов, рек.

Подтверждено, что склоны западной и южной экспозиции оказывают значительное влияние на развитие оврага, поскольку на них был отмечен максимальный линейный прирост, что можно объяснить тем, что для восточных и северных склонов характерно более медленное снеготаяние, чем на восточных и южных, следовательно, пониженной скорости поверхностного стока, что влечет за собой замедление развития эрозионных процессов.

### Заключение

На исследуемой территории основными факторами развития оврагов являются прежде всего природные факторы: атмосферные осадки (весенний сток, летние ливни), крутизна и экспозиция склонов, а также антропогенная нагрузка: система хозяйственного использования, влияние противоэрозионных мероприятий. Учитывая скорость, характер развития, можно утверждать, что овражная эрозия является наиболее активным фактором преобразования рельефа на территории Белгородской области.

Исследования и анализ разновременных картографических материалов с использованием геоинформационных технологий

позволили зафиксировать линейное развитие овражных форм, и отследить динамику изменения каждой формы. Наибольшим приростом обладают овраги, поскольку длительное значительное антропогенное воздействие, климатические факторы оказали весомое влияние, вследствие чего овраги активно развивались. Период исследования составил значительный временной промежуток, что не позволило корректно оценить изменение протяженности промоин, поскольку процесс перехода промоины в овраг может составлять буквально 5–10 лет.

Средние показатели прироста промоин за период исследования (3 года) максимальны, что верифицирует данные о скорости развития промоин, анализ прироста овражных форм показал средние результаты, что можно объяснить наличием противоэрозионных мероприятий, а также верифицировал данные о средних скоростях прироста овражной сети в исследуемом регионе, анализ линейного развития балочных отвершков показал минимальные результаты.

Синтез геоинформационного моделирования, полевых исследований позволяет получать и фиксировать количественные данные о развитии оврагов, анализировать и прогнозировать процессы развития овражной сети, а также верифицировать результаты, полученные при полевых исследованиях с помощью ДДЗ.

Полученные результаты исследования могут быть практически применены при планировании и проведении инфраструктурных, противоэрозионных и сельскохозяйственных работ.

#### Список литературы

1. Хрисанов В.А., Калмыков С.Н. Развитие и распространение экзогенных процессов на неотектонических структурах в условиях современных вертикальных движений // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2018. Т. 42, № 4. С. 515.
2. Нарожняя А.Г., Буряк Ж.А. Морфометрический анализ цифровых моделей рельефа Белгородской области разной степени генерализации // Региональные геосистемы. 2016. № 25. С. 246.
3. Буряк Ж.А. Совершенствование подходов к оценке эрозионной опасности агроландшафтов с использованием ГИС-технологий // Региональные геосистемы. 2014. № 23. С. 194.
4. Ермолаев О.П., Медведева Р.А., Платончева Е.В. Методические подходы к мониторингу процессов эрозии на сельскохозяйственных землях европейской части России с помощью материалов космических съемок // Ученые записки Казанского университета. Серия: естественные науки. Казань. 2017. Т. 159. № 4. С. 668–680.
5. Горин В.Б., Харченко С.В. Подходы к созданию опорной сети по наблюдению за динамикой развития оврагов в Курском приграничье // Стратегия развития приграничных территорий: традиции и инновации: сборник статей по материалам V международной научно-практической конференции. Курск, 2018. 362 с.
6. Poesen J., Nachtergaele J., Verstraeten G., Valentin C. Gully erosion and environmental change: importance and research needs // Catena. 2003. Is. 91. P. 91–133.
7. XIA Dong. Effects of collapsing gully erosion on soil qualities of farm fields in the hilly granitic region of South China XIA Dong, DING Shu-wen, LONG Li3, DENG Yu-song, WANG Qiu-xia, WANG Shu-ling, CAI Chong-fa1 // Journal of Integrative Agriculture. 2016. Vol. 15, Is. 12. P. 2873–2885.
8. Гафуров А.М., Голосов В.Н., Рысин И.И., Шарифуллин А.Г. Мониторинг динамики роста оврагов с использованием инструментальных методов. Строение литосферы и геодинамика: материалы XXVII Всероссийской молодежной конференции с участием исследователей из других стран. Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2017. 294 с.
9. Зайцева М.Ю., Рысин И.И. Прогнозирование скорости роста оврагов в Удмуртии // Вестник Удмуртского университета. Серия биология. Науки о Земле. 2019. Т. 29, № 3. С. 383.
10. Урубжурова Э.П., Мутулова А.И., Юнусов Ш.К., Далатинов В.А. Особенности динамики роста оврагов республики Калмыкия. Природно-ресурсный потенциал Прикаспия и сопредельных территорий: проблемы рационального использования: материалы VI региональной заочной студенческой научно-практической конференции (Элиста, 25–26 апреля 2019 г.). С. 96.
11. Дедков А.П., Мозжерин В.И., Сафина Г.Р. О современном тренде эрозии в степной и лесостепной зонах Восточно-Европейской равнины // Геоморфология. 1996. № 3. С. 39–42.
12. Тимофеев Д.А. Терминология флювиальной геоморфологии. М.: Наука, 1981. С. 267.
13. Зорина Е.Ф., Никольская И.И., Веретенникова М.В. Количественные характеристики интенсивности роста оврагов. Научное издание // Геоморфология. 1991. № 1. С. 65–71.
14. Сатдаров А.З. Методы исследования регрессивного роста оврагов: достоинства и недостатки // Ученые записки Казанского университета. Сер. Естественные науки. 2016. Т. 158. Кн. 2. С. 277–292.
15. Саблина О.М., Чендев Ю.Г. Опыт изучения овражной сети с использованием разновременных плановых съемок // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2018. Т. 42, № 4. С. 507–515.