

УДК 551.435.162 (470.51)

*М.Ю. Зайцева***ИССЛЕДОВАНИЕ ОВРАЖНОЙ ЭРОЗИИ В УДМУРТИИ ПОСРЕДСТВОМ ДЕШИФРИРОВАНИЯ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ**

Рассматривается методика дешифрирования и картографирования овражной сети с использованием программы «SAS.Планета» и ГИС MapInfo. Основным результатом исследования являются карты современного овражного расчленения территории Удмуртской Республики (УР), сопоставленные с картами, построенными по аэрофотоматериалам 1986–1990 гг. Выявлено, что лишь треть элементарных речных бассейнов охвачена процессами овражной эрозии. При этом максимальные показатели расчленения – в юго-восточной части республики, на правом берегу р. Камы. Средняя длина оврагов в Удмуртии небольшая – 115 м. Наблюдается общая тенденция затухания процессов оврагообразования, за исключением ряда речных бассейнов в северной части республики. За исследуемый период густота оврагов уменьшилась на 80 %, плотность – на 60 %. Показатель динамики (тенденции) оврагообразования за 25-30-летний период оказался отрицательным, составив в среднем –15 м/год. Положительная динамика оврагообразования отмечена лишь для верховьев рек Вятки и Камы (2,5 м/год). В целом для большинства агрогенных оврагов выявлена тенденция затухания, а для техногенных, напротив, – активизации.

Ключевые слова: овражная эрозия, дешифрирование, ГИС, Удмуртская Республика.

Овражная эрозия является одним из наиболее активных рельефообразующих процессов, приводящих к деградации земель, заилению водотоков, снижению производительности сельского хозяйства, разрушению инженерных сооружений, активизации склоновых процессов.

В Удмуртской Республике (УР) процессы образования и развития оврагов изучаются уже на протяжении 40 лет [1]. Однако в связи с изменениями, произошедшими в характере землепользования и климатических условиях [2], необходимо вновь проводить комплексное изучение эрозионных процессов. Для лучшего их понимания на столь больших площадях особое значение имеет картографирование овражной эрозии [3]. А появление в открытом доступе спутниковых снимков высокого разрешения существенно расширило возможности исследования.

Впервые карты овражности на всю территорию СССР были составлены в 1970-х гг. прошлого века под руководством Б.Ф. Косова [4]. На территорию Удмуртии такие карты были составлены И.И. Рысиным на основе крупномасштабных аэрофотоснимков 1957–1959 гг. и 1986–1990 гг. [1; 5]. Для ряда регионов востока Русской равнины уже имеется векторная карта густоты овражного расчленения [6].

В данной статье представлен анализ пространственного распределения и динамики развития овражной эрозии на территории УР по данным дистанционного зондирования Земли средствами геоинформационных технологий.

Материалы и методы исследований

Территория Удмуртской Республики площадью 42,1 тыс. км² располагается в Вятско-Камском междуречье на востоке Русской равнины (56°N; 52°E). Ландшафты представлены южно-таежными лесами; среднегодовое количество осадков составляет 550–600 мм [7].

Изучение овражного расчленения территории производилось по сетке элементарных речных бассейнов, созданной ранее на основе порядковой классификации рек Философова-Стралера [1]. В пределах республики выделено 1 285 элементарных бассейнов площадью от 10 до 100 км². Использование в настоящем исследовании той же основы позволит наиболее объективно оценить динамику развития овражной эрозии.

Дешифрирование производилось в ресурсе «SAS. Планета». Данная программа отечественной разработки находится в свободном доступе. Основным ее преимуществом является возможность быстрого выбора спутникового изображения наилучшего качества. Представленные здесь источники, такие как Яндекс, Google, ESRI и некоторые другие, позволяют сравнивать снимки, полученные в разные сезоны года. Как правило, на изучаемой территории детализация снимков компании ESRI превосходила снимки остальных источников.

На основе предварительно подгруженной сетки элементарных бассейнов в «SAS. Планета» создается векторный слой оврагов. На данном этапе производится поиск и последующая ручная оцифровка тальвега и бровок зафиксированных оврагов (рис. 1).



Рис.1. Оцифровка тальвега оврага на правобережье р.Камы в программе «SAS. Планета»

Еще одно удобство ресурса заключается в возможности экспорта данных в большинство других программ. В нашем случае это формат *.tab*, поддерживаемый ГИС MapInfo. На основе созданной при дешифрировании базы данных в MapInfo выполняется картографирование показателей овражного расчленения. Необходимая выборка производится с помощью команды SQL-запрос. Кроме этого, для обработки и анализа полученной статистической информации собрана база данных в формате *.xlsx*, которая может редактироваться в зависимости от поставленных задач и появления новых материалов.

Распознавание активных эрозионных форм производилось по уже известным региональным дешифровочным признакам [1; 5], позволяющим отличить их от окружающих природных объектов. Овраги различаются по размерам и морфологии в плане, тем не менее имеют и общие черты. Во-первых, они обнаруживаются по наличию хорошо выраженных бровки и тальвега, во-вторых, – по характерной форме в плане с резкими границами. На активность регрессивной эрозии могут указывать также эрозионные уступы, расположенные на небольшом расстоянии выше по склону от вершины оврага. Контрастный фототон на разных бортах оврага свидетельствует о его V-образном профиле. Склоны оврага не задернованы либо задернованы частично. Часто по цвету обнаженных участков на склонах можно определить состав размываемых пород. Эрозионные формы, характеризующиеся отсутствием обнаженных участков, не учитывались.

Методика дешифрирования оврагов по космическим снимкам не исключает погрешности. Часто сложности возникают при идентифицировании оврагов, развивающихся в лесных массивах. В таких случаях незаменимы полевые методы исследований. Это касается и распознавания промежуточных эрозионных форм, например, промоин, отличающихся от оврагов меньшими размерами. Кроме того, погрешности могут возникнуть из-за различий в детализации спутниковых снимков. Выяснилось, что в юго-западной части республики она часто несколько уступает остальной территории. Отметим также, что сложнее остальных дается распознавание донных оврагов, развивающихся в днищах древних эрозионных форм.

Степень овражного расчленения территории устанавливалась по нескольким показателям, среди которых густота и плотность, определяемые как отношение общей протяженности и количества оврагов на единицу площади, соответственно. Комплексным показателем, отражающим изменения и густоты, и плотности оврагов, является показатель динамики (тенденции) овражной эрозии R , определяемый следующим отношением [1]:

$$R = \frac{\Delta L_{\text{общ}}}{x} / n,$$

где $\Delta L_{\text{общ}}$ – изменение общей протяженности овражной сети, м;

x – количество вершин оврагов в пределах бассейна, ед.;

n – длительность интервала времени, гг.

Результаты и их обсуждение

Дешифрирование космических снимков и применение ГИС-технологий позволило выявить особенности пространственного распределения оврагов. Одним из основных итогов исследования стали количественные показатели и созданные на их основе карты густоты и плотности овражного расчленения территории Удмуртии.

Обработка и анализ статистической информации проведен на трех уровнях. Первый из них – это элементарные речные бассейны со средней площадью 34 км². Здесь преобладают водотоки I-III порядков. Второй – более крупные водосборы, схема расположения которых представлена на рис. 2. И, наконец, третий – территория Удмуртии в целом.

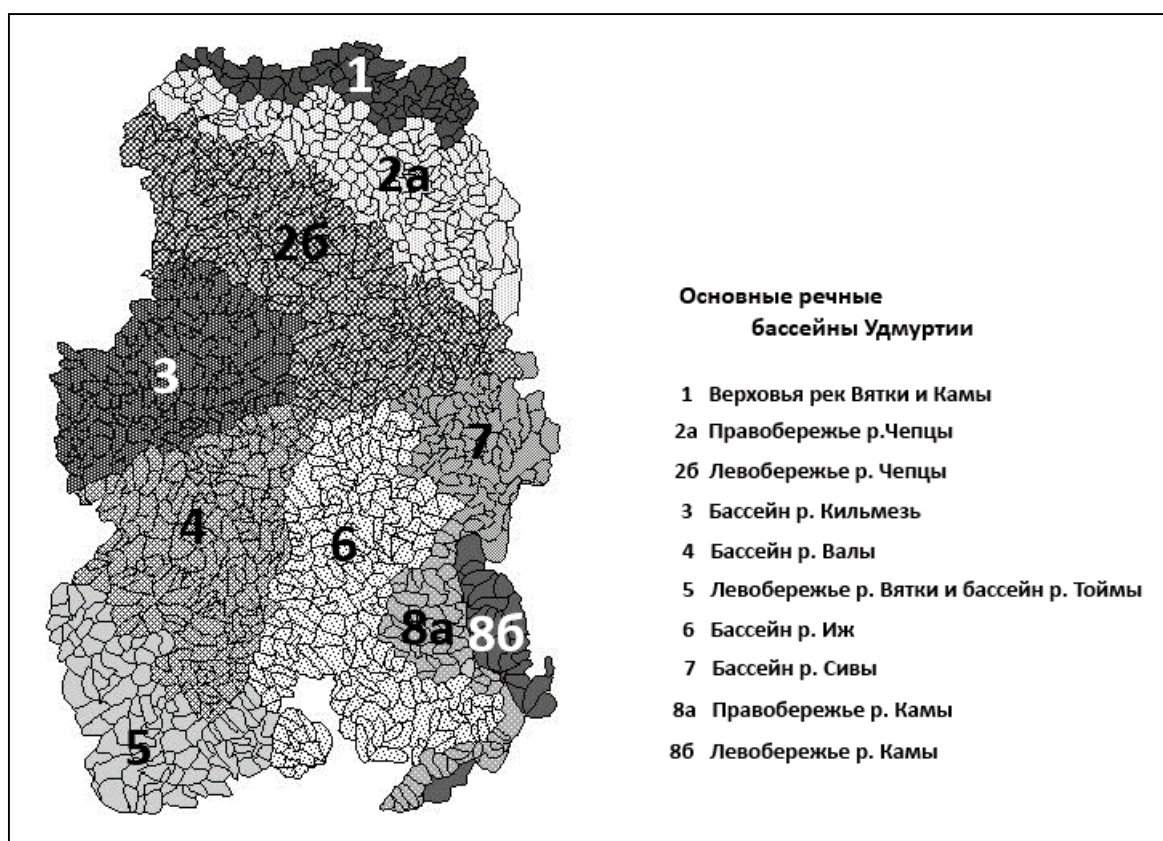


Рис. 2. Карта-схема основных речных бассейнов Удмуртии

Степень пораженности оврагами исследуемой территории оказалась крайне неравномерна. Активные эрозионные формы рельефа найдены лишь в 32 % от общего числа выделенных элементарных бассейнов. В разных частях республики этот показатель варьирует в широких пределах. Например, в юго-восточной ее части, на правобережье Камы процессами оврагообразования охвачено 82 % бассейнов, а в верховьях Вятки и Камы – менее 5 %. Среди бассейнов с существенным охватом ов-

ражного расчленения можно отметить также бассейны таких рек, как Вятка – 61 %, Иж – 57 %, Сива – 34 % и Вала – 31 %. Преобладающим типом оврагов является приводораздельный, приуроченный к склонам междуречных пространств.

Средняя длина оврагов по всей территории небольшая и составляет 115 м. Количество оврагов длиной более 500 м не превышает 2 % от общего числа. Среди рекорсменов по протяженности можем отметить овраг у с. Мушак Киясовского района, овраг у с. Большая Пудга на левом склоне долины р. Сюгаилки, овраг на правом склоне р. Куклюк у дер. Черкасово. Также упомянем овраги в долинах рек Юрашки, Жидковки, Удебки и некоторых других. В перечисленных водосборах соблюдается главное условие развития протяженных оврагов – наличие длинного склона. Минимальные значения средних длин оврагов, не превышающие 90 м, отмечены для бассейнов рек Кильмезь, Иж, Сива и правобережья Чепцы.

Показатель густоты овражного расчленения в Удмуртии изменяется в широких пределах – от 0 до 742 м/км², а плотности – от 0 до 4,4 ед./км². Самые низкие показатели отмечены для верховьев Вятки и Камы (в среднем 0,1 м/км²) и правобережья Чепцы (0,2 м/км²). В целом значения обоих площадных показателей увеличиваются с севера на юг, достигая максимума на правобережье Камы (41,1 м/км²). Довольно высокие значения наблюдаются в бассейнах Ижа, левобережья Вятки и Тоймы (25,4 и 27,8 м/км²). Следует отметить, что в этом же направлении происходит увеличение доли обрабатываемых земель. В целом по Удмуртии за рассматриваемый период произошло уменьшение общей протяженности овражной сети на 80 %, количества оврагов – на 60 %.

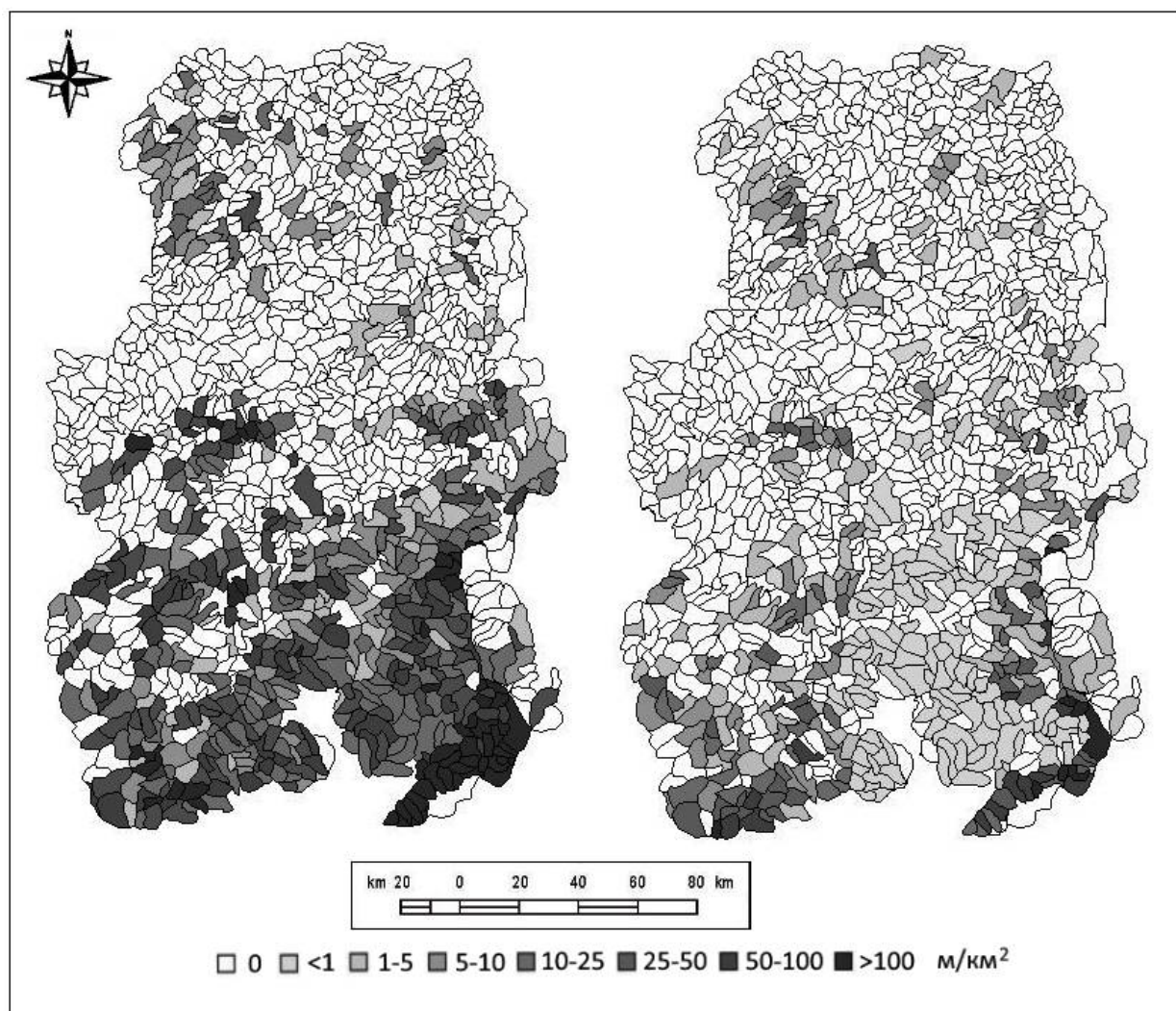


Рис. 3. Карты густоты овражного расчленения территории Удмуртии, составленные по результатам дешифрирования аэрофотоснимков 1986–1990 гг. (слева) и космоснимков 2015–2018 гг. (справа)

Несмотря на общее снижение плотности овражной эрозии сохраняется немало водосборов, в которых произошло увеличение числа оврагов. На правобережье Камы, левобережье Вятки и Тоймы и в бассейне Кильмези таковых 25–33 % от общего числа элементарных водосборов. На остальной территории этот показатель изменяется от 5 до 16 %.

Построенные на основе дешифрирования космоснимков 2015–2018 гг. современные карты густоты оврагов оказались схожими с прежними, составленными по материалам 1986–1990 гг. (коэффициент корреляции $r=0,74$), по плотности связь прослеживается меньше (коэффициент корреляции $r=0,60$). В дальнейшем созданная картографическая основа может быть использована для комплексной оценки природных и антропогенных факторов, влияющих на развитие эрозионных процессов.

Сопоставление результатов, полученных в настоящем исследовании, с данными 1986–1990 гг., дает представление о динамике овражной эрозии. Разновременные карты густоты овражного расчленения представлены на рис. 3.

Приведенные карты наглядно отражают значительное сокращение темпов оврагообразования за последние 25–30 лет. Прежде всего, это касается южной половины республики, где ранее отмечалось большое число водосборов с показателем густоты более 25 м/км². В настоящее время столь высокие значения сохранились лишь отдельными островками, сосредоточенными преимущественно на юго-западе или юго-востоке исследуемой территории.

В результате исследований по степени овражного расчленения выделены следующие районы:

- район умеренного овражного расчленения с густотой 20–50 м/км² и плотностью 0,2–0,3 ед./км² (правобережье Камы);
- район слабого овражного расчленения с густотой 10–20 м/км² и плотностью 0,1–0,2 ед./км² (левобережье Вятки и Тоймы);
- район спорадического овражного расчленения с густотой менее 5 м/км² и плотностью менее 0,05 ед./км² (бассейны Чепцы, Кильмези, Ижа, Валы, Сивы, левобережья Камы, верховий Вятки и Камы).

Изучение овражной эрозии посредством дешифрирования спутниковых снимков позволяет выявить не только пространственное распределение оврагов, но и динамику (тенденцию), отражающую изменение длины на единицу оврага в пределах речного бассейна, выраженное в м/год.

Значения данного показателя могут быть как положительными, так и отрицательными. В первом случае можем говорить о преобладании в пределах рассматриваемого водосбора оврагов на стадии активного роста и, соответственно, о высокой потенциальной опасности проявления эрозионных процессов. Отрицательные значения – признак доминирования оврагов, находящихся на последних стадиях развития. Происходит их зарастание, степень оврагоопасности территории сводится к минимуму. В конечном итоге овраги, прошедшие полный цикл развития, превращаются в лога и логовины [1]. Некоторые количественные показатели результатов исследования по основным речным бассейнам Удмуртии сведены в таблицу.

Таблица показателей овражного расчленения по основным речным бассейнам Удмуртии

Основные речные бассейны	Количество элементарных речных бассейнов, ед.		Площадь речных бассейнов с оврагами, км ²	Количество оврагов в 2015–2018 гг., ед.	Доля вершин оврагов (ДВО) в 2015–2018 гг. от ДВО в 1986–1991 гг., %	Общая протяженность оврагов в 2015–2018 гг., км
	общее	с оврагами				
Верховья Вятки и Камы	66	4	160,4	6	-	0,42
Правобережье Чепцы	160	11	429,1	19	22	1,32
Левобережье Чепцы	250	40	1589,2	74	33	7,48
Кильмезь	150	12	400,5	24	23	2,11
Вала	184	58	2003,4	127	26	13,24
Левобережье Вятки и Тойма	103	63	1176,7	347	74	47,69
Иж	208	119	4595,7	426	41	33,13
Сива	71	24	816,2	47	26	4,15
Правобережье Камы	68	56	1987,1	593	36	76,23
Левобережье Камы	25	5	429,3	11	25	1,45
Итого по УР:	1285	392	12410,9	1674	38	187,2

Окончание табл.

Основные речные бассейны	Доля общей длины оврагов (ДДО) в 2015–2018 гг. от ДДО в 1986–1991 гг., %	Средняя густота оврагов, м/км ²	Средняя плотность оврагов, ед./км ²	Средняя длина оврагов, м	Средний показатель динамики развития овражной эрозии для речного бассейна R, м/год
Верховья Вятки и Камы	-	2,73	0,04	106	2,52
Правобережье Чепцы	17	3,35	0,05	84	-12,45
Левобережье Чепцы	45	5,06	0,05	100	-4,36
Кильмезь	11	8,16	0,09	88	-26,14
Вала	13	7,67	0,08	105	-25,75
Левобережье Вятки и Тойма	44	19,58	0,14	138	-6,22
Иж	17	7,75	0,10	79	-13,37
Сива	19	7,57	0,09	89	-13,33
Правобережье Камы	16	49,86	0,037	130	-23,67
Левобережье Камы	21	3,55	0,002	132	-17,80
Итого по УР:	20	11,5	0,13	114	-15,00

Выяснилось, что за последние четверть века произошло резкое сокращение темпов оврагообразования, особенно в бассейнах рек Сивы, Валы, Кильмези, Ижа и на правобережьях Камы и Чепцы. Средний показатель динамики развития овражной эрозии для этих бассейнов изменяется от -12 до -27 м/год. Положительное значение тенденции оврагообразования отмечено лишь для северной части республики. Карта динамики (тенденции) овражного расчленения представлена на рис. 4, более подробная характеристика данного показателя по водосборам приведена ниже.

Бассейн *р. Чепцы* в целом характеризуется отрицательными значениями динамики оврагообразования: на правобережье – -12,4 м/год, на левобережье – -4,4 м/год. Тем не менее необходимо отметить большое число элементарных бассейнов, в пределах которых наблюдается активизация эрозионных процессов. Высокие значения показателей оврагообразования отмечены в бассейнах рек Сепыча, Иманайки, Тюрвыра, Узвайки, Тыловайки, Салы, Лозы, Уни, Иты, Дырпы и Лекмы. Преимущественно это территории «нового» оврагообразования, поэтому, как правило, в каждом из этих бассейнов отмечено не более двух оврагов. Наиболее интенсивное зарастание оврагов происходит в бассейне *р. Убыть*.

Для бассейна *р. Валы* уменьшение общей протяженности эрозионной сети составило -12 м/год на единицу оврага. Однако на водосборах рек Мушковая, Сибы, Пычаса, Сюгаилки, Уежикьи и некоторых других отмечаем активизацию темпов оврагообразования. А существенное сокращение оврагов происходит в верховьях рек Валы, бассейнах рек Лудзинки, Глоинки, Нырсевайки, Лоллезки, Ваминки, Булайки, Лудзи, Гурезь-Пудгинки, Лумпо, Кылта, Зетловайка, Кортчемвая.

Выяснилось, что за последние четверть века в бассейне *р. Камы* произошло резкое сокращение темпов оврагообразования. Средний показатель динамики овражной эрозии на правобережье составил – -23 м/год, на левобережье – -18 м/год. Однако относительно высокая активность оврагов наблюдается в бассейне *р. Ваганихи*, где ведется разработка Ельниковского нефтяного месторождения. Образование их здесь зачастую связано с подрезкой склонов при обустройстве и эксплуатации кустовых площадок, инженерных коммуникаций и промысловых автодорог. Среди водосборов с положительной динамикой оврагообразования на правобережье Камы можем отметить также отдельные участки бассейнов рек Большой и Малой Сарапулки.

На *левобережье Вятки*, несмотря на отрицательное значение средней динамики расчленения, выявлено большое число бассейнов, в пределах которых происходит активизация оврагов. В первую очередь это бассейн *р. Пыжманки*, а также Люги, Синярки, Юрашки, Адамки. Максимальное сокращение – в бассейне *р. Люги* в районе с. Кизнер, а также Бемыжки, Ямышки, Колтымака.

Для бассейна *р. Кильмезь* оврагообразование отмечено лишь на ее более возвышенном левобережье. Отсутствие эрозионных процессов на противоположном берегу объясняется тем, что он сложен песчаными породами и практически полностью залесен. Активное развитие овражной эрозии отмечаем в водосборных бассейнах рек Нузыка, Ушнетки, средней части бассейна *р. Арлети*. Интенсивное зарастание оврагов происходит в бассейнах рек Силепурки, низовий Кильмези, Жайгилки и Сюмсинки.

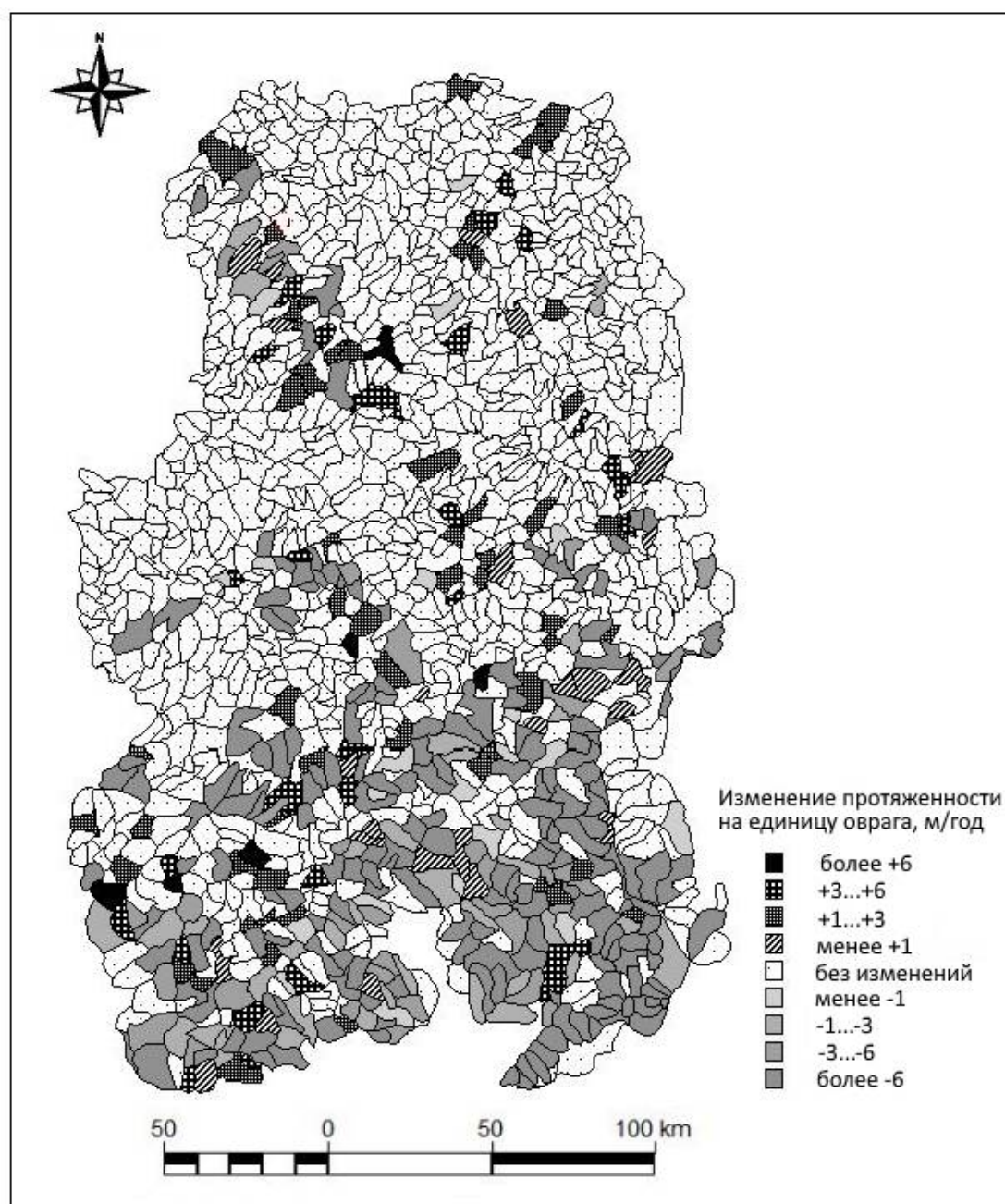


Рис. 4. Карта динамики овражной эрозии на территории Удмуртии

В бассейне *р. Сивы* общий спад активности оврагообразования составил -13 м/год. Небольшая активизация отмечена в бассейнах рек Шаркан, Чернушки, Пислегшурки. Наиболее интенсивное за-
растание оврагов – в бассейнах рек Межной, Билибки, Лынывайки и верховий Вотки.

Положительная динамика оврагообразования отмечена для верховьев Вятки и Камы (2,52 м/год). По результатам исследований 1986-1990 гг., появление новых оврагов в северной части республики не прогнозировалось [1]. Сложившиеся геолого-геоморфологические условия оврагообразованию не способствуют: легкоразмываемые делювиально-солифлюкционные суглинки имеют ограниченное распространение. А короткие пологие склоны не способны обеспечить необходимую для развития оврагов концентрацию склонового стока. Новые овраги здесь возникают как следствие нарушения целостности природных ландшафтов при выполнении земляных работ без должных почвозащитных мероприятий, также при эксплуатации автодорог, водопропускные трубы и дренажные каналы которых концентрируют сток с прилегающего склона, что способствует развитию эрозионных процессов.

Анализ полученных данных свидетельствует о резком сокращении степени овражного расчленения Удмуртии. Это связано с рядом факторов, среди которых отметим снижение величины поверхностного стока, связанного с потеплением климата.

Затухание темпов оврагообразования в южной половине республики обусловлено тем, что они развиваются давно и охватывают значительные площади. Новые овраги, как правило, появляются только при изменении сложившейся природной обстановки в результате хозяйственной деятельности. Поэтому в каждом крупном речном бассейне можно выделить отдельные водосборы с положительной динамикой. Однако интенсивность линейного размыва все же уступает скорости склоновых процессов, приводящих к выполаживанию и последующему зарастанию склонов оврагов.

Еще одной причиной является смена характера землепользования: при интенсификация сельского хозяйства распахиваются только наиболее пригодные для этого площади. Однако все же отметим, что если ранее своему образованию овраги и были обязаны сельскохозяйственному освоению и распашке земель, то в настоящее время усиливается роль антропогенного фактора, приводящего к возникновению техногенных оврагов, скорость развития которых может иметь катастрофический характер. Поэтому при строительстве инженерных сооружений необходимо учитывать возможность возникновения или активизации оврагов под влиянием антропогенной нагрузки.

Выводы

Имеющиеся в открытом доступе космические снимки высокого разрешения позволяют без существенных затрат вполне достоверно идентифицировать овраги, а ГИС-технологии являются мощным инструментом для картографирования эрозионного расчленения.

Полученные материалы свидетельствуют об увеличении густоты и плотности оврагов с севера на юг, с максимумом на правобережье р. Камы. При сопоставлении разновременных карт выявлено резкое сокращение и числа вершин, и протяженности овражной сети в Удмуртии, особенно в ее южных районах. Напротив, появление «новых» оврагов отмечается в северной половине республики – в верховьях рек Вятки и Камы. Как правило, их появление связано с изменением сложившейся природной обстановки в результате хозяйственной деятельности. Особенно часто они возникают при разработке нефтяных месторождений. Также при эксплуатации автодорог, водопропускные трубы и дренажные каналы которых концентрируют сток с прилегающего склона, что способствует развитию эрозионных процессов.

Для подавляющей части республики характерны отрицательные значения динамики овражной эрозии, что свидетельствует о переходе за 25–30-летний период оврагов из стадии активного роста в балочную стадию. Тем не менее в каждом крупном речном бассейне можно выделить ряд водосборов с положительной динамикой.

Результаты настоящих исследований позволяют прогнозировать дальнейшее затухание темпов оврагообразования в целом по республике. Однако, можем предположить, что оно уже не будет столь значительным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рысин И.И. Овражная эрозия в Удмуртии. Ижевск: Изд-во Удм. ун-та, 1998. 274 с.
2. Рысин И.И., Григорьев И.И., Зайцева М.Ю., Голосов В.Н. Влияние изменений климата на динамику темпов роста оврагов Вятско-Камского междуречья // Геоморфология, 2017. С. 90-103.
3. Никольская И.И., Прохорова С.Д. Картографический метод исследования овражной эрозии // Геоморфология, 2005. №1. С. 44-52.
4. Косов Б.Ф., Константинова Г.С. Комплексная карта овражности равнинной территории СССР // Геоморфология. 1973. № 3. С. 3-9.
5. Рысин И.И. Закономерности развития оврагов на сельскохозяйственных землях Удмуртии // Третья всесоюзная научная конференция «Закономерности проявления эрозионных и русловых процессов в различных природных условиях»: тез. докл. М., 1981. С. 230-232.
6. Ермолаев О.П., Рысин И.И., Голосов В.Н. Картографирование овражной эрозии в регионе востока Русской равнины // Геоморфология. 2017. № 2. С. 38-51.
7. Ivan Rysin, Ivan Grigoriev, Mariya Zaytseva, Valentin Golosov, and Aidar Sharifullin Long-term monitoring of gully erosion in Udmurt Republic, Russia // Proc. IAHS, 375, 1-4, 2017.

Зайцева Мария Юрьевна, аспирант кафедры экологии и природопользования
ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»
426034, Россия, г. Ижевск, Университетская, 1
E-mail: zaitseva_geo@mail.ru

M.Yu. Zaitseva

THE STUDY OF GULLY EROSION IN UDMURTIA BASED ON HIGH-QUALITY SATELLITE IMAGE INTERPRETATION

The method of decoding and mapping of the gully network using the program “SAS.Planet” and GIS MapInfo are discussed in the article. Maps of the modern gully dismemberment of the Udmurtia are the main result of this study. They were compared with maps built on aerial photographs of 1986-1990. It was revealed that only one-third of the elementary river basins are covered by the gully erosion processes. At the same time, the maximum gully dismemberment is observed in the South-Eastern part of the Republic, on the right bank of the Kama river. The average length of the gullies in the Udmurt Republic is 115 m only. The gully formation processes have a damping tendency, except for a number of river basins in the Northern part of the Republic. During the study period, the density of gully length decreased by 80 %, the density of gully heads – by 60 %. Indicator of the dynamics (trends) of gully formation was negative over a 25-30-year period, amounting to an average of -15 m/year. Positive dynamics of gully formation was observed only for the riverheads of the Vyatka and Kama (2.5 m/year). In general, the trend of attenuation observed for the most of agrogenic gullies and, in contrast, the trend of activation observed for the technogenic gullies were revealed.

Keywords: gully erosion, decoding, GIS, Udmurt Republic.

REFERENCES

1. Rysin I.I. *Ovrazhnaya eroziya v Udmurtii* [Gully erosion in Udmurtia], Izhevsk: UdGU, 1998, 274 p. (in Russ.).
2. Rysin I.I., Golosov V.N., Grigoryev I.I., Zaytseva M.Yu. [The impact of climate change on the gullies growth rates within Vyatsko-Kamskoe interfluvium area], in *Geomorphology*, 2017, no. 1, pp. 90-103 (in Russ.).
3. Nikol'skaya I.A., Prokhorova M.D. *Kartograficheskiy metod issledovaniya ovrazhnoy erozii* (Cartographic method of gully erosion studies). *Geomorfologiya (Geomorphology RAS)*, 2005, No. 1, pp. 44–52 (in Russ.).
4. Kosov B.F., Konstantinova G.S. *Kompleksnaya karta ovrazhnosti ravninnoy territorii SSSR* (A comprehensive map of gully plain territory the USSR). *Geomorfologiya (Geomorphology RAS)*, 1973, No. 3, pp. 3–9 (in Russ.).
5. Rysin I.I. [Regularities of gully development on agricultural lands of Udmurtia], in *Zakonomnosti proyavleniya ehrozionnykh i ruslovykh processov v razlichnykh prirodnnykh usloviyakh: tez. dokl. 3-j Vsesoyuz. nauch. konf. (22-24 dekabrya 1981 g.)*. – M.: MGU, 1981. pp. 230-232 52 (in Russ.).
6. Yermolayev O.P., Rysin I.I., Golosov V.N. Mapping assessment of gully erosion in the east of the Russian plain. *Geomorphology RAS*. 2017;(2):38-51. (In Russ.)
7. Ivan Rysin, Ivan Grigoriev, Mariya Zaytseva, Valentin Golosov, and Aidar Sharifullin Long-term monitoring of gully erosion in Udmurt Republic, Russia // *Proc. IAHS*, 375, 1-4, 2017.

Received 12.06.2018

Zaitseva M.Yu., postgraduate student at Department of ecology and environmental management
Udmurt State University
Universitetskaya st., 1, Izhevsk, Russia, 426034
E-mail: zaitseva_geo@mail.ru