

УДК 551.435 (470.51)

И.И. Рысин<sup>1</sup>, И.И. Григорьев<sup>2</sup>, М.Ю. Зайцева<sup>3</sup>, В.Н. Голосов<sup>4</sup>

## ДИНАМИКА ЛИНЕЙНОГО ПРИРОСТА ОВРАГОВ ВЯТСКО-КАМСКОГО

### МЕЖДУРЕЧЬЯ НА РУБЕЖЕ СТОЛЕТИЙ<sup>5</sup>

(по результатам многолетних наблюдений)

**Введение.** Темпы линейного прироста оврагов являются одним из надёжных индикаторов влияния климатических изменений и трансформации землепользования на изменения стока воды со склонов и интенсивность перераспределения наносов во флювиальной сети. В антропоцене, продолжительность которого оценивается разными исследователями от 3 до 5 тысяч лет, зафиксированные периоды интенсивного оврагообразования повсеместно были связаны с экстремальными климатическими изменениями или резким усилением антропогенного пресса [Соболев, 1948; Nyssen et al., 2004; Dotterweich, 2008; Notebaert & Verstraeten, 2010; Bork et al., 1998]. В равной степени выявляемые тренды постепенного усиления или ослабления роста овражных форм на конкретной территории свидетельствуют об увеличении или ослаблении поверхностного стока со склоновых водосборов и расходов воды во временных водотоках, формирующихся в днищах суходольной сети [Trimble, 1974; Verstraeten et al., 2009]. В пределах Восточно-Европейской равнины этапы усиления овражной эрозии в первой половине 19 века были обусловлены как климатическими изменениями, связанными с понижением зимних температур, увеличением глубины промерзания почвы и, как следствие, увеличением коэффициента поверхностного стока, так и одновременным расширением площадей

---

<sup>1</sup> Казанский федеральный университет, Институт экологии и природопользования, в.н.с. и Удмуртский государственный университет, Институт естественных наук, профессор, д. геогр. н. [rysin.iwan@yandex.ru](mailto:rysin.iwan@yandex.ru)

<sup>2</sup> Удмуртский государственный университет, Институт естественных наук, старший преподаватель, [ivangrig@yandex.ru](mailto:ivangrig@yandex.ru)

<sup>3</sup> Удмуртский государственный университет, Институт естественных наук, аспирантка, [zaytseva\\_geo@mail.ru](mailto:zaytseva_geo@mail.ru)

<sup>4</sup> Казанский федеральный университет, Институт экологии и природопользования, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, научно-исследовательская лаборатория эрозии почв и русловых процессов, в.н.с., [gollossov@gmail.com](mailto:gollossov@gmail.com)

<sup>5</sup> Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта РНФ №15-17-20006

пахотных земель, особенно в лесостепной зоне [Golosov & Panin, 2006]. Динамика овражных форм в различных регионах Европейской территории России изучалась многими исследователями. Наиболее ранние сведения о росте оврагов содержатся в работах Э.Э. Керн [6], В.И. Масальского [12]. Обобщённые исследования по оврагам Среднерусской возвышенности сделаны М.В. Проницовой [17]. Вопросам динамики оврагов большое внимание уделялось А.С. Козменко [7], Б.Ф. Косовым [9, 10], А.Г. Рожковым [18], С.С. Соболевым [23], и многими другими исследователями [Коротина, 1981; Миронова, Сетунская, 1974; Назаров, 1992; Скоморохов, 1981].

**Постановка проблемы.** На рубеже 20-го и 21-го веков в связи с распадом СССР также произошли значительные изменения в землепользовании, особенно сильно затронувшие лесную и север лесостепной зоны, где были заброшены значительные площади пашни [Литвин и др., 2012]. Эти изменения по времени совпали с глобальным потеплением, которое наиболее заметно усилилось именно в последние десятилетия 20-го и в начале 21-го веков. Каким же образом данные изменения повлияли на темпы линейного прироста оврагов? Есть ли различия в темпах роста первичных и вторичных оврагов? Могут ли те и другие в равной мере служить индикаторами изменений коэффициента поверхностного стока в период весеннего снеготаяния? Ответы на эти вопросы можно получить на основе длительных мониторинговых наблюдений за линейным приростом оврагов различных типов [Болысов, 1987; Рысин, 1998; Ionita, 2006 и др.].

Многочисленные исследования свидетельствуют, что интенсивность роста оврагов в значительной степени определяется климатическими условиями [География овражной эрозии, 2006; Овражная эрозия, 1989; Овражная эрозия востока Русской равнины, 1990; Рысин, Григорьев, 2010; Рысин, 1998]. Предшествующие исследования показали, что на востоке Русской равнины 70-80% годового прироста оврагов приходится на весенний период, при этом выявлена ведущая роль таких метеорологических факторов, как интенсивность снеготаяния и запасы воды в снеге [Овражная эрозия востока Русской

равнины, 1990]. Результаты 20-летних мониторинговых наблюдений за линейным приростом оврагов на Вятско-Камском междуречье (1978-1997 гг.) в целом подтвердили указанные зависимости, но вместе с тем были выявлены и некоторые региональные особенности [Овражная эрозия востока Русской равнины, 1990; Рысин, 1998].

В данной статье анализируются результаты длительных (1978-2015 гг.) наблюдений за линейным ростом оврагов в пределах Вятско-Камского междуречья на территории Удмуртской Республики (УР). Основной акцент сделан на оценку трендов прироста вершин оврагов различных типов в период с 1997 по 2015 гг., тогда как результаты наблюдений предшествующего периода, ранее опубликованные [Рысин, 1998], используются для сопоставления.

**Объект и методы исследования.** Территория, в пределах которой находятся объекты мониторинговых наблюдений, расположена на востоке Русской равнины в южной части Вятско-Камского междуречья в границах УР. Территория Удмуртии характеризуется распространением ландшафтов южной тайги и подтаежной зоны, сильно преобразованных хозяйственной деятельностью. Длительный континентальный период развития рельефа способствовал образованию 3-х разновозрастных и разновысотных поверхностей выравнивания. Верхняя ступень или наиболее древняя поверхность располагается на отметках более 250 м, средняя ступень имеет абсолютные отметки 180-200 м, а нижняя 140-160 м. По своему происхождению все они являются денудационными [Дедков и др., 1974]. Анализ распределения глубин местных базисов эрозии свидетельствует о резко дифференцированном характере вертикального расчленения территории.

Для Вятско-Камского междуречья характерен умеренно тёплый и влажный климат с продолжительной зимой и относительно коротким летом. Среднегодовая температура изменяется от +2,3°C на севере, до 3,5°C на юге республики. Средние температуры января и июля варьируют в пределах -13,3 – -11,9°C, и 18,3 – 19,7°C соответственно. Устойчивый

снежный покров держится 155—175 дней. Среднегодовая сумма осадков составляет 500—650 мм.

На 2014 г. согласно официальной статистике общая площадь сельскохозяйственных угодий в республике составляет 1,8 миллиона гектаров, в том числе площадь пашни 1,328 миллиона гектаров, или около 33% от общей площади республики. По отношению к 1960 году, когда площадь пашни была максимальной, за первые 30 лет (1960-1990 гг.) сокращение составило только 5 %. С распадом СССР, темпы сокращения пашни резко возросли. В период 1990-2003 гг. площадь пашни уменьшилась на 13%. В дальнейшем процесс забрасывания полей по существу остановился (-1% за 2003-2007 гг.). За последние 25 лет произошли незначительные изменения в севооборотах, которые привели к некоторому снижению агроэрозионного индекса для периода формирования талого стока и, напротив, его повышению для периода ливневого стока.

Выбор ключевых участков для изучения темпов отступления вершин активно растущих оврагов осуществлялся на основе детального анализа аэрофотоснимков, полученных на основе съёмок 1957-1959 гг. На момент начала мониторинговых наблюдений в 1978 году овраги находились уже на различных стадиях развития, но на тот момент все продолжали расти. В первые годы наблюдений количество наблюдаемых вершин оврагов составляло 120. В дальнейшем вновь появившиеся на участках наблюдений овраги, а также отвершки оврагов, уже входящих в систему мониторинга также были включены в сеть наблюдений [Рысин, 1998]. На 2015 год в систему мониторинга на землях сельскохозяйственного назначения входят 168 вершин оврагов, которые располагаются на 28 ключевых участках в различных ландшафтных зонах Вятско-Камского междуречья (табл.1, рис.1). Основной причиной современного роста оврага является сельскохозяйственная деятельность, преимущественно распашка земель.

Определение темпов линейного прироста оврагов производится путем измерения расстояния от вершины оврага до предварительно установленного репера. Точность

измерений составляет  $\pm 0,01$  м. На большинстве участков (117 вершин оврагов) наблюдения проводятся один раз в год (летом), а на 9 ключевых участках (42 оврага) измерения осуществляются дважды: в мае, после снеготаяния и в октябре или начале ноября, после окончания сезона летне-осенних ливней. В период с 1993 г. по 2000 г. на 10 оврагах, расположенных вблизи г. Ижевска, наряду с сезонными, в летний период проводились регулярные наблюдения после выпадения сильных ливней. На двух участках мониторинг прироста 9 вершин оврагов с 1990 по 1998 годы осуществлялся эпизодически, через 2-3 года (рис. 1). В остальные годы наблюдения были ежегодными.

На каждом участке количество вершин оврагов, за приростом которых проводятся наблюдения, колеблется от 1 до 16. Различаются и площади ключевых участков, они изменяются от 1-2 до 18,5 км<sup>2</sup>. На данной площади проводятся дополнительные наблюдения, включающие рекогносцировку территории для выявления новых оврагов или отвершков. В 1992 г. в сеть мониторинга дополнительно вовлечены овраги, расположенные в пределах ключевых участков «Варни» и «Муллино», а ключевой участок «Ягул», где рост оврагов был остановлен в связи с проведением противоэрозионных мероприятий, был заменён на аналогичный в окрестностях с. Юськи (табл. 1).

Все овраги, входящие в сеть мониторинга, разделяются на две группы: первичные и вторичные [Соболев, 1948]. Первичные овраги нами разделены на три группы: приводораздельные, к которым отнесены все овраги, развивающиеся на склонах междуречных пространств, а также прибалочные и придолинные, которые различаются по месту своего развития на бортах балок и речных долин соответственно. Ко вторичным отнесены донные и вершинные овраги. Среди наблюдаемых оврагов преобладают первичные (58,9%), среди которых чуть меньше половины - приводораздельные. Среди вторичных агрогенных оврагов преобладают вершинные (62,3%).

**Результаты и их обсуждение.** Обобщённый график среднегодовых темпов линейного прироста агрогенных оврагов получен на основе использования данных по всем оврагам,

включённым в систему мониторинга (рис.2). За весь период наблюдений 1978-2015 на фоне общего нисходящего тренда отчетливо выделяются 4 пика с максимальными значениями, которые все относятся к первому циклу наблюдений 1978-1996 [Рысин, 1998]: 1979 г. (2,8 м/год), 1990 и 1991 гг. (1,9 и 2,3 м/год) и в 1994 г. (1,8 м/год). Усиление темпов отступления вершин оврагов в эти годы было обусловлено интенсивностью половодного стока и значительной долей пашни на их водосборах (распашка) [Рысин, 1998]. После 1996 г. среднегодовые темпы отступления вершин оврагов резко снизились и только в 1997, 1998 и 2001 гг. превышали значение 0,5 м/год, достигнув минимума в 2008 году (рис. 2А). Следует учитывать, что во второй половине 1990-х – начале 2000-х годов происходило наиболее значительное сокращение площади пахотных земель, затронувшее и ряд водосборов на участках наблюдений. Одновременно сказывалось и общее повышение температур воздуха в зимнее время, которое способствовало снижению глубины промерзания почв и, как следствие, уменьшению поверхностного стока в период снеготаяния. Влияние каждого из этих факторов может быть оценено на основе детального анализа метеорологических данных, наблюдений за расходами воды в реках и анализа изменений землепользования на водосборах оврагов, что выходит за рамки данной статьи из-за ограничений по объёму.

Анализ полученных данных свидетельствует о большом диапазоне средних темпов линейного роста отдельных оврагов за последние 4 десятилетия. Наибольшие различия наблюдаются среди первичных оврагов, что неудивительно, так как каждый из оврагов данного типа может находиться на разных этапах своего формирования. Среднемноголетние темпы линейного роста по всем первичным оврагам за анализируемый период оказались невысокими – 0,9 м/год [Рысин, Григорьев, 2010]. Для вторичных оврагов столь резкого различия средних темпов отступления вершинных уступов не наблюдается. Среднемноголетние темпы роста вторичных оврагов несколько выше (1,1 м/год), чем у первичных, и в пределах Вятско-Камского междуречья они растут более равномерно.

Какой-либо пространственной дифференциации среднемноголетних темпов отступления вершинных уступов оврагов по различным участкам не наблюдается. Обычно небольшие в пределах Вятско-Камского междуречья темпы прироста оврагов в длину соседствуют со значительными. В целом отчётливо наблюдается тенденция снижения темпов линейного прироста оврагов, что отражено в полученном методом наименьших квадратов уравнении линейного тренда для всех ключевых участков (рис. 2А).

При более детальном рассмотрении изменений среднегодовых темпов линейного роста оврагов в пределах исследуемой территории за период с 1997 года выясняется, что, несмотря на общий понижающий тренд (рис.2А), выделяются два периода: 1997-2003 и 2003-2015 гг. Если для первого периода на фоне отчётливой тенденции к снижению темпов линейного роста оврагов, наблюдается их вариабельность по отдельным годам, находящаяся в интервале 0,2-0,75 м/год, то после 2003 г. по существу произошла стабилизация среднегодовых темпов на очень низком уровне (0,1-0,3 м/год). Тем самым, этот период кардинально отличается в целом от предшествующего этапа мониторинга (1978-1997), когда среднегодовые темпы линейного роста оврагов в среднем для Вятско-Камского междуречья варьировали по годам более чем в 5 раз от 2,75 м/год до 0,5 м/год (рис.2А). После 2003 года в республике Удмуртия уже не происходило сокращения площади пашни и стабилизировались используемые севообороты. Можно предположить, что данная стабилизация темпов прироста на низком уровне обусловлена практически полным отсутствием или крайне низкими значениями поверхностного стока со склонов в период снеготаяния в этот период. В предшествующие годы наблюдений (1978-2002) именно различия в объёмах и интенсивности весеннего стока со склонов приводили к значительной межгодовой вариабельности среднегодовых темпов линейного роста оврагов. Для проверки справедливости данного предположения необходимо провести детальный анализ гидрометеорологических условий формирования стока.

Обобщённые статистические характеристики среднемноголетних темпов роста оврагов различного типа за 19 лет (1997-2015 гг.) приведены в таблице 2, а их межгодовые изменения для вторичных и первичных оврагов представлены на рис.2Б и 2В соответственно. Следует отметить, что если в период 1997- 2003 гг. в целом для оврагов был характерен отчётливый тренд снижения темпов линейного прироста, то в дальнейшем, на фоне относительной стабилизации, динамика роста оврагов различного типа по годам несколько отличалась (рис.2Б-2В).

Среди вторичных оврагов наибольший суммарный прирост за 19 лет проведения мониторинга, составивший в среднем 11 м, достигнут у донных оврагов. При этом средние темпы роста донных оврагов за период 1997-2015 гг. сократились по сравнению с предыдущим периодом (1978-1996 гг.) почти в 3 раза и составили 0,57 м/год. Наиболее существенный прирост донных оврагов отмечался в 1997 году и составил 1,4 м/год (рис. 2В). Из всех исследуемых донных оврагов только 4 оврага не имели признаков роста в последние десять лет, а остальные донные овраги характеризуются минимальным числом случаев с отсутствием годового прироста среди всех типов оврагов (табл.2). Более значительные темпы прироста донных оврагов позволяют предположить, что, несмотря на резкое сокращение или почти полное исчезновение поверхностного стока со склонов, в днищах сухих долин, где формируются донные врезы, в период снеготаяния происходит выклинивание внутрпочвенного стока. Именно он в основном формирует временные водотоки, способствующие постепенному регрессивному отступанию вершин донных оврагов. Следует отметить, что после 2008 г. отмечается хорошо выраженный положительный тренд прироста вершин донных оврагов (рис.2В), с явной тенденцией к росту, если исходить из среднегодовых темпов в 2014-2015 гг. Гораздо более слабо аналогичный тренд выявляется для этого же периода у вершинных оврагов (рис.2В).

Вершинные овраги отличаются от донных большей неравномерностью прироста – наряду с активно растущими оврагами, значительная их часть (~32%) практически не

развиваются. В результате за период 1997-2015 гг. средние темпы линейного роста вершинных оврагов составили 0,31 м/год, что более чем в 3 раза ниже, чем в период 1978-2015 (1,12 м/год). Без учёта оврагов, прекративших свой рост в последние 10 лет среднегодовые темпы прироста составили 0,39 м/год. Наиболее активный рост оврагов был отмечен в 2001 году (1,0 м/год). Второй и третий пик активности приходятся на 1997 (0,52 м/год) и 1998 (0,48 м/год) годы (рис. 2В). Высокая неравномерность линейного прироста вершинных оврагов как по площади, так по отдельным годам (рис.2В) позволяет предположить, что как минимум с 2003 года в основном рост оврагов в длину был обусловлен формированием ливневого стока.

Очень низкие темпы прироста характерны для единственного оврага пойменного типа (рис.1, участок №1). Если за период 1978-1996 гг. темпы линейного прироста вершины составляли 2,1 м/год, то за последние 19 лет они снизилась до 0,11 м/год. При этом с 2012 года овраг перестал расти (рис.2Г).

Среди первичных оврагов наиболее активными являются приводораздельные, средние темпы прироста которых составили за период 1997-2015 гг. 0,31 м/год, что, примерно в 5,5 раз ниже, чем за предшествующий период наблюдений 1978-1996 (1,69 м/год) и почти вдвое ниже, чем темпы линейного прироста донных оврагов в период наблюдений 1997-2015. Причём около 40% оврагов данного типа не растут после 2006 г. Более высокие по отношению к береговым (придолинным и прибалочным) оврагам темпы прироста приводораздельных оврагов в основном обусловлены рядом «вспышек» среднегодового прироста, которые пришлись на 2007, 2012 и 2015 год (рис.2Б). В свою очередь увеличение среднегодовых темпов прироста связано с относительно высокой активностью роста отдельных оврагов. Максимальный годовой прирост по всем оврагам был отмечен в 1997 году (0,72 м).

Темпы линейного прироста прибалочных и придолинных оврагов находятся на примерно одном низком уровне и составляют за период 1997-2015 гг. 0,22 м/год и 0,16 м/год

соответственно, что более чем в четыре раза ниже их средней скорости за период 1978-1996 гг. (0,92 м/год и 0,69 м/год). Причём придолинные овраги показывают стабильно минимальные темпы прироста, начиная с 2003 г., тогда как для прибалочных оврагов отмечается небольшой всплеск темпов прироста в 2011-12 годах (рис.2В). Различие между ними состоит в том, что почти половина (48%) придолинных оврагов прекратили свой рост после 2006 г., тогда как среди прибалочных таковых только 2 из 17 наблюдаемых оврагов. В целом, выявленные тенденции динамики прироста первичных оврагов, позволяют предполагать, что после 2003 г. поверхностный сток со склонов в период снеготаяния ничтожно мал, а некоторое усиление темпов прироста отдельных оврагов в длину обусловлено формированием ливневого стока. Именно поэтому, среди первичных оврагов наибольший прирост выявлен для приводораздельных оврагов, вершины которых находятся наиболее близко с пашней и, напротив, более удалённые от пашни придолинные овраги характеризуются минимальными темпами прироста. Соответственно прибалочные овраги занимают промежуточное положение.

Наряду с типом оврагов существенное влияние на темпы линейного прироста оврагов оказывает состав размываемых пород. В зависимости от противозерозионной устойчивости пород средние темпы линейного прироста оврагов могут различаться в несколько раз (табл. 3). Наибольшие многолетние темпы роста отмечаются у вторичных оврагов, размывающих современные аллювиальные и балочные отложения, представленные переслаивающимися суглинками и суглинисто-супесчаными (реже глинистыми) рыхлыми отложениями. Они находятся в переувлажненном состоянии вследствие близости грунтовых вод и поэтому отличаются слабым сцеплением частиц пород между собой, что способствует их быстрому размыву.

Высокие многолетние темпы роста наблюдаются у первичных оврагов в лессовидных делювиально-солифлюкционных суглинках, отложившихся в перигляциальных условиях плейстоцена [География овражной эрозии, 2003]. Эти породы наименее литофицированы,

они быстро размокают и характеризуются наименьшим сопротивлением размыву. Для них характерна еще одна важная особенность – наличие вертикальной столбчатой текстуры, возникающей на обнажениях, как при вершине, так и на склонах оврага. Механизм образования столбчатой текстуры лессовидных суглинков еще недостаточно изучен, возможно, он связан с морозобойными трещинами, возникающими на поверхности грунтов в условиях сурового перигляциального климата. Впоследствии эти трещины заполнялись более грубым, менее цементированным материалом, что и определяет их «скалывание» именно в этих местах. Наличие постоянно «свежих» вертикальных уступов при вершине оврага способствует его быстрому росту даже при незначительном стоке.

Относительно низкие темпы роста оврагов, размывающих перигляциальный аллювий на левобережье р. Вятка у с. Крымская Слудка, объясняются легко, если учесть, что большинство из них находится на последних стадиях развития. Средние многолетние темпы прироста оврагов здесь за весь период наблюдений составляют всего 0,51 м/год (табл. 3). Медленнее всех растут овраги, размывающие коренные пермские глины (0,41 м/год), особенно в случае переслаивания их с песчаниками, аргиллитами, известняками и другими прочными породами (0,39 м/год).

Сравнение темпов линейного прироста оврагов за периоды 1978-1996 и 1997-2015 для оврагов, развивающихся в разных по литологии отложениях, выявляет интересные закономерности. Наибольшее сокращение отмечается для пойменных голоценовых отложений, что однозначно связано с переходом оврага от стадии бурного роста к стадии относительной стабилизации. Напротив, минимальное сокращение темпов выявлено для оврагов, развивающихся на перигляциальном супесчано-суглинистом аллювии, что подтверждает ранее высказанное суждение о нахождении данных оврагов на завершающей стадии развития. Наиболее показательным является значительное сокращение темпов линейного прироста оврагов, заложившихся на делювиально-солифлюкционных суглинках, что однозначно указывает на то, что литологический фактор по существу не влияет на

динамику линейного прироста оврагов, развивающихся на конкретных отложениях. Гораздо важнее влияние других факторов, и, прежде всего, гидрометеорологического и фактора землепользования.

**Выводы.** 1. Результаты мониторинга линейного прироста оврагов Вятско-Камского междуречья в период 1997-2015 свидетельствуют о продолжении ранее выявленной тенденции сокращения темпов прироста оврагов различного типа до 2003 г. с последующей стабилизацией на предельно низком уровне 0,2-0,3 м/год вплоть до 2015 г. (рис.2Б, 2В).

2. Выявлены определённые различия в линейном приросте оврагов различного типа. Наибольшие темпы прироста с отчётливым положительным трендом после 2008 г. характерны для донных оврагов (рис.2В). В меньшей степени аналогичный тренд проявляется и для вершинных оврагов. При этом именно донные овраги отличаются относительно равномерным приростом (табл.2), тогда как для вершинных оврагов характерен большой разброс в темпах прироста, от полного его отсутствия до сравнительно высоких темпов прироста у отдельных оврагов в конкретные годы (табл.2, рис.2Г).

3. Темпы линейного прироста первичных оврагов различного типа в период 1997-2015 в 2-3,5 раза ниже, чем у донных, с отчётливым убыванием среднесуточных темпов по мере удаления вершин от пашни: приводораздельные (0,31 м/год); прибалочные (0,22 м/год) и придолинные (0,16 м/год). Литология пород, слагающих вершинные уступы оврагов, не сказывается на динамике линейного прироста оврагов каждого из выделенных типов.

4. Учитывая, что в период 1997-2015 гг. происходили как климатические изменения, связанные с потеплением климата, особенно повышение температуры воздуха в зимние месяцы, так и сокращения площади пашни, максимум которого пришёлся на период 1990-2003 гг., можно утверждать, что именно данные факторы сказались на общем снижении темпов прироста оврагов.

5. Необходим детальный анализ гидрометеорологических параметров и изменений условий землепользования на водосборах оврагов, включенных в сеть мониторинга, для

количественной оценки вклада каждого из этих факторов, а также их составляющих, в динамику линейного прироста оврагов различного типа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ  
REFERENCES

1. *Болысов С.И.* Факторы и скорости современной регрессивной эрозии на юго-западе Подмосковья (бассейн р.Протвы) // Эрозионные и карстовые процессы на территории Центра Русской равнины. М., 1987. С. 48–55.

Bolysov S.I. Faktory i skorosti sovremennoi regressivnoi erozii na yugo-zapade Podmoskoviya (bassein r. Protvy) [Factors and rates of contemporary gully erosion on south-west of the Moscow Region (Protva watershed)]// Erozionnyye i karstovyye processy na territorii centra Russkoi ravniny. Moscow, 1987, pp. 48-55 (in Russian).

2. *Бутаков Г.П.* Плейстоценовый перигляциал на востоке Русской равнины. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1986. – 144 с.

Butakov G.P. Pleistocenovy periglacial na vostoке Russkoi ravniny [Pleistocene periglacial on Russian plain east]. Kazan', Izdatel'stvo Kazanskogo Universiteta, 1986, 144 p. (in Russian).

3. География овражной эрозии /Под ред. Е.Ф.Зориной. М.: Изд-во МГУ, 2006. 324 с. Зорина Е.Ф. Овражная эрозия: закономерности и потенциал развития. М.: Геос, 2003. 170 с.(нет номера и перевода на англ.)

Geographiya ovraznoi erozii [Geography of gully erosion] / E.F. Zorina (ed.), Moscow, Izdatel'stvo MGU, 2006, 324 p. (in Russian).

4. *Григорьев И.И., Рысин И.И.* Исследования техногенных и сельскохозяйственных оврагов в Удмуртии с применением ГИС технологий. // Вестник Удмуртского университета. Вып. 1. Биология. Науки о Земле, 2008. С. 49 – 58.

Grigoriev I.I., Rysin I.I. Issledovaniya tekhnogennykh i selskokhozyastvennykh ovragov v Udmurtii s primeneniem GIS tekhnologii [Study of technogenic and agricultural gullies in Udmurt Republic with application of GIS technology] // Vestnik Udmurtskogo Universiteta, vol.1, Biologiya. Nauki o Zemle, 2008, pp. 49-58 (in Russian).

5. *Дедков А.П., Малышева О.Н., Порман С.В., Рождественский А.Д.* Древние поверхности выравнивания и останцовый рельеф Удмуртии //Развитие склонов и выравнивание рельефа. Казань, 1974. С.64-76.

Dedkov A.P., Malysheva O.N., Porman S.V., Rozhdestvensky A.D. Drevnie poverkhnosti vyvavnivaniya i ostancovy rel'ef Udmurtii [Ancient planation surfaces and relict relief of Udmurt Republic] // Razvitie sklonov i vyvavnivanie rel'efa. Kazan, 1974, pp. 64-76 (in Russian).

6. *Керн Э.Э.* Овраги, их закрепление, облесение и запруживание. М., 1894. 141 с.

Kern E.E. Ovragi, ikh zakreplenie, oblesenie i zapruzhivanie [Gullies, their consolidation, afforestation and damming]. Moscow, 1894, 141 p. (in Russian).

7. *Козменко А.С.* Борьба с эрозией почв. М.: Сельхозгиз, 1954. 229 с.

Kozmenko A.S. Bor'ba s eroziei pochv [Struggle with soil erosion]. Moscow, Selkhozgiz, 1954, 229 p. (in Russian).

8. *Коротина Н.М.* Скорость роста оврагов в Ульяновском Поволжье //Геоморфология, 1981, №4. С.78-83.

Korotina N.M. Skorost' rosta ovragov v Ulianovskom Povolzhe [Growth rate of gullies in the Ulyanovsk Volga region]// Geomorphologiya, 1981, №4, pp. 78-83 (in Russian).

9. *Косов Б.Ф.* Динамика овражной сети при освоении бывших лесных площадей на юге Нечерноземья //Эрозия почв и русловые процессы. М.:Изд-во МГУ, Вып.8. 1981. С.67-79.

Kosov B.F. Dinamika ovraznoi seti pri osvoenii byvshikh lesnykh ploschadei na yuge Nechernozem'ya [Dynamic of gully net after cultivation former forested areas on the south of Non-chernozem zone] // Eroziya pochv i ruslovye processy. Izdatel'stvo MGU, vol.8, 1981, pp. 67-79 (in Russian).

10. *Косов Б.Ф.* Проблема оценки и прогноза интенсивности овражной эрозии и роста оврагов //Вестн. Моск. ун-та. Сер.5, геогр., 1971, № 1. С. 37-44.

Kosov B.F. Problema ocenki i prognosa intensivnosti ovraznoi erozii i rosta ovragov [Problem of assessment and prognosis of gully erosion and growth of gullies] // Vestnik MGU, seriya 5, geografiya, no.1, 1971, pp. 37-44 (in Russian).

11. *Литвин Л.Ф., Кирюхина З.П., Добровольская Н.Г.* Современная динамика земледельческой эрозии в России// Эрозия почв и русловые процессы. Т.18. 2012, С. 6–24.

Litvin L.F., Kiryukhina Z.P., Dobrovolskaya N.G. Sovremennaya dinamika zemledelcheskoi erozii v Rossii [Contemporary dynamic of agricultural erosion in Russia] // Eroziya pochv i ruslovye processy, vol.18, 2012, pp. 6-24 (in Russian).

12. *Масальский В.И.* Овраги черноземной полосы России, их распространение, развитие и деятельность. СПб.: 1897. 252 с.

Masalsky V.I. Ovragi chernozemnoi polosy Rossii, ikh rasprostranenie i deyatelnost' [Gullies of Russian Chernozem zone, their distribution, growing and activity]. St. Petersburg, 1897, 252 p. (in Russian).

13. *Миронова Е.А., Сетунская Л.Е.* Некоторые результаты изучения интенсивности роста оврагов на Приволжской возвышенности //Геоморфология, 1974, №3. С.74-82.

Mironova E.A., Setunskaya L.E. Nekotorye resul'taty izucheniya intensivnosti rosta ovragov na Privolzhskoi vozvyshennosti [Some results of gully head retreat study on Privolzhskaya upland] // Geomorphologiya, no.3, 1974, pp.74-82 (in Russian).

14. *Назаров Н.Н.* Овражная эрозия в Прикамье. Пермь: Изд-во Пермск. ун-та. 1992. 103 с.

Nazarov N.N. Ovraznaya eroziya v Prikamie [Gully erosion in Prikamie]. Izdatel'stvo Permskogo Universiteta, 1992, 103 p. (in Russian).

15. Овражная эрозия / Под ред. Р.С.Чалова. М.: Изд-во МГУ, 1989. 168 с.

Ovraznaya eroziya [Gully erosion] // R.S. Chalov (ed.), Moscow, Izdatel'stvo MGU, 1989, 168 p. (in Russian).

16. Овражная эрозия востока Русской равнины / Под ред. А.П. Дедкова. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1990. 142 с.

Ovraznaya eroziya vostoka Russkoi ravniny [Gully erosion on the East of Russian Plain] // A.P. Dedkov (ed.), Kazan', Izdatel'stvo Kazanskogo Universiteta, 1990, 142 p. (in Russian).

17. *Проничева М.В.* О скоростях роста оврагов Среднерусской возвышенности // Труды ИГАН СССР. Материалы по геоморфологии и палеогеографии. Т.65. 1955. Вып.14., С.87-111.

Pronicheva M.V. O skopostyakh rosta ovragov Srednerusskoi vozvyshennosti [About gully erosion rates within Srednerusskaya Upland] // Trudy IGAN SSSR Materialy po geomorfologii i paleogeographii, vol.65, no.14, 1955, pp. 87-111 (in Russian).

18. *Рожков А.Г.* Борьба с оврагами. М.: Колос, 1981. 199 с.

Rozkov A.G. Bor'ba s ovragami [Struggle with gullies]. Kolos, Moscow, 1981, 199 p. (in Russian).

19. *Рысин И.И., Григорьев И.И.* Влияние гидрометеорологических факторов на рост оврагов в Удмуртии // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2010, вып. 4. С. 137 – 146.

Rysin I.I., Grigoriev I.I. Vliyanie gidrometeorologicheskikh faktorov na rost ovragov v Udmurtii [Influence of hydrometeorological factors on gully retreat in Udmurt Republic] // Vestnik Udmurtskogo Universiteta, seriya biologiya. Nauki o Zemle, vol.4, 2010, pp.137-146 (in Russian).

20. *Рысин И.И.* Овражная эрозия в Удмуртии. Ижевск: Изд-во Удм. ун-та, 1998. 274 с.

Rysin I.I. Ovravnaya eroziya v Udmurtii [Gully erosion in Udmurt Republic]. Izhevsk, Izdatel'stvo Udmurtskogo Universiteta, 1998, 274 p. (in Russian).

21. *Рысин И.И.* О современном тренде овражной эрозии в Удмуртии //Геоморфология, 1998, №3. С. 92 – 101.

Rysin I.I. O sovremennom trende ovrazhnoi erozii v Udmurtii [About contemporary trend of gully erosion in Udmurt Republic] // Geomorphologiya, no.3, 1998, pp. 92-101 (in Russian).

22. *Скоморохов А.И.* Скорость роста оврагов //Геоморфология, 1981, №1. С.97-103.

Skomorokhov A.I. Skorost' rosta ovragov [Gully growth rate] //Geomorphologiya, no.1, 1981, pp. 97-103 (in Russian).

23. *Соболев С.С.* Развитие эрозионных процессов на территории европейской части СССР и борьба с ними. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1948. Т.1. 305 с.

Sobolev S.S. Razvitie erozionnykh processov na territorii evropeiskoi chasti SSSR i bor'ba s nimi [Erosion processes development on territory of the European part of USSR and struggle with them]. Izdatel'stvo AN SSSR, vol.1, 1948, 305 p. (in Russian).

24. *Bork, H.-R., Bork, H., Dalchow, C., Faust, B., Piorr, H.-P., Schatz, T. (Eds.).* Landschaftsentwicklung in Mitteleuropa - Wirkungen des Menschen auf Landschaften. Klett-Perthes, Gotha, 1998, 328 p.

25. *Dotterweich, M.* The history of soil erosion and fluvial deposits in small catchments of Central Europe: deciphering the long term interaction between human and the environment — a review. *Geomorphology*, 101, 2008, P. 192–208.

26. *Golosov V., Panin A.* Century-scale stream network dynamics in the Russian Plain in response to climate and land use change // *Catena*. Vol. 66. 2006. P. 74–92.

27. *Ionita I.* Gully development in the Moldavian Plateau of Romania. *Catena*, vol. 68, 2006, P. 133-140.

28. *Notebaert, B., Verstraeten, G.* Sensitivity of West and Central European river systems to environmental changes during the Holocene: a review. *Earth-Science Reviews* 103 (3–4), 2010, P.163–182.

29. *Nyssen, J., Poesen, J., Moeyersons, J., Deckers, J., Haile, M., Lang, A.* Human impact on the environment in the Ethiopian and Eritrean highlands—a state of the art. *Earth Science Reviews* 64 (3–4), 2004, P. 273–320.

30. *Trimble, S.W.*, 1974. Man-induced Soil Erosion on Southern Piedmont. Soil Conservation Society of America, USA (180 p.).

31. *Verstraeten, G., Rommens, T., Peeters, I., Poesen, J., Govers, G., Lang, A.* A temporarily changing Holocene sediment budget for a loess-covered catchment (central Belgium). *Geomorphology* 108, 2009, P. 24–34.

Таблица 1

## Характеристика ключевых участков

№ п/п	Название ключевого участка	Площадь ключевого участка, кв. км	Период наблюдений, годы	Количество оврагов по типам						Всего
				Приводо-раз-дельные	Придо-линные	Приба-лочные	Дон-ные	Верши-н-ные	Пойме-н-ные	
1	Пужьегурт	18,5	1985-2015	1	5	2	5	2	1	16
2	Старые Быги	2,5	1978-2015	1	-	-	-	-	-	1
3	Селты	1,5	1978-2015	-	5	-	-	-	-	5
4	Большое Волково	8,2	1978-2015	1	-	-	3	1	-	5
5	Степаново	1,8	1978-2015	3	2	-	-	-	-	5
6	Черная - Светлое	3,5	1978-2015	2	-	-	5	-	-	7
7	Фертики	4,6	1993-2015	1	-	-	-	7	-	8
8	Макарово	2,2	1983-2015	-	1	-	-	2	-	3
9	Мешеряки	3,2	1978-2015	-	-	1	-	1	-	2
10	Юськи (Ягул)	2,8	1978-2015	2	-	-	1	-	-	3
11	Забегалово	4,3	1991-2015	2	1	-	-	1	-	4
12	Стар. Мартьяново	1,3	1978-2015	-	1	-	-	-	-	1
13	Докша	1,8	1978-2015	-	6	-	-	-	-	6
14	Поваренки	2,1	1978-2015	2	-	1	-	4	-	7
15	Сидоровы Горы	2,5	1983-2015	3	3	-	-	-	-	6
16	Нижние Юри	1,8	1978-2015	1	-	-	-	1	-	2
17	Курегово	2,4	1978-2015	1	-	5	3	1	-	10
18	Девятово	1,6	1978-2015	1	1	-	-	-	-	2
19	Мазунино	2,8	1978-2015	-	2	3	-	1	-	6
20	Мушак	4,8	1978-2015	5	-	2	-	-	-	7
21	Бажениха	4,5	1978-2015	7	2	-	-	-	-	9
22	Крымская Слудка	3,2	1978-2015	3	-	-	-	2	-	5
23	Русский Куюк	3,6	1978-2015	7	-	-	1	-	-	8
24	Варзи-Ятчи	8,5	1978-2015	1	4	-	5	5	-	15
25	Кулюшево	9,6	1978-2015	3	-	3	-	10	-	16
26	Вятское	2,5	1978-2015	-	-	-	-	5	-	5
27	Варни	1,0	1992-2015	1	-	-	-	-	-	1
28	Муллино	1,5	1992-2015	-	-	1	2	-	-	3
Итого:		108,6		48	33	18	25	43	1	168

Таблица 2

Статистические характеристики среднегодовых темпов прироста оврагов различных типов за период 1997-2015 гг.

Тип оврагов	п*	$x_m$ , м/год	$x_{max}$ , м/год	$x_{min}$ , м/год	$A_s$	$C_v$
Вершинный	29	0,39	3,08	0 (21%)	4,87	1,56
Донный	21	0,62	13,8	0 (19%)	1,41	0,83
Приводораздельный	29	0,55	9,9	0 (26%)	6,93	2,65
Придолинный	17	0,25	18,8	0 (30%)	3,46	0,86
Прибалочный	15	0,22	2,6	0 (27%)	0,57	0,66

\*без учёта оврагов, прекративших рост с 2006 года;

п – число растущих оврагов за период 1997-2015;  $x_m$ ,  $x_{max}$ ,  $x_{min}$  – среднегодовые, максимальные и минимальные темпы прироста (в скобках доля случаев в % с нулевым приростом оврага за конкретный год);  $A_s$  - коэффициент асимметрии;  $C_v$  - коэффициент вариации

Таблица 3

Средние многолетние скорости роста оврагов Вятско- Камского междуречья,  
развивающиеся в различных литологических комплексах пород (м/год)

Литологические комплексы пород	Количество оврагов	1978-1996 годы	1997-2015 годы	Сокращение темпов, 3/4	1978-2015 годы
1	2	3	4	5	6
Верхнепермские глинистые породы и их элювий	34	0,67	0,21	3,2	0,41
Верхнепермские глины с прослоями более прочных пород (известняков, мергелей, аргиллитов, песчаников и т.п.)	40	0,58	0,21	2,7	0,39
Делювиально-солифлюкционные суглинки плейстоценового возраста	52	1,92	0,30	6,4	1,02
Перигляциальный супесчано-суглинистый аллювий плейстоценового возраста	14	0,65	0,38	1,7	0,51
Голоценовый аллювий преимущественно суглинистого состава	1	2,1	0,11	19	0,88
Балочный аллювий суглинисто-глинистого состава	27	2,15	0,55	3,9	1,28

I.I. Rysin<sup>1,2</sup>, I.I. Grigoriev<sup>2</sup>, M.Yu. Zaitseva<sup>2</sup>, V.N. Golosov<sup>1,3</sup>

**DYNAMIC OF LINEAR RETREAT OF GULLY HEAD WITHIN BYATSKO-KAMSKOE  
INTERFLUVE ON TURN OF THE CENTURIES<sup>4</sup>**

**(result of long-term monitoring)**

Abstract.

Paper is presented results of long-term monitoring (period 1978-2015) of linear head retreat within Udmurt Republic. 168 gully heads are included in regular monitoring. All of them are located within mostly agricultural parts of Vytcko-Kamskogo interfluve. The main attention is given to evaluation of gully head dynamic during 1997-2015, when considerably climate and land-use changes occurred. It was found that rates of gully head retreat decreased during period 1997-2003 with following stabilization on extremely low level of gully head rate retreat ( $0,2-0,3 \text{ m yr}^{-1}$ ). In the result during 1997-2015 mean annual gully head retreat rate reduced 3-5 fold for different type of gullies if it is compare with previous time interval (1978-1997). Some differences in gully head retreat rates were found for slope and bottom gullies. Mean bottom gully head retreat is  $0,55 \text{ m yr}^{-1}$  while it is  $0,31 \text{ m yr}^{-1}$ ;  $0,22 \text{ m yr}^{-1}$ ;  $0,16 \text{ m yr}^{-1}$  respectively for different sub-types of slope gullies. Furthermore that clear positive trend of bottom gully head retreat was found since 2008 with increasing of gully head retreat rate up to  $0,8 \text{ m yr}^{-1}$  in 2015. Lithological features didn't influence considerably on the gully head linear retreat rate.

Key words: gully head retreat rate, bottom and slope gullies, land use and climate changes, Udmurt Republic

## Резюме

В статье приводятся результаты длительного мониторинга (период 1978-2015) линейного прироста вершин оврагов в Удмуртской Республике. 168 вершин оврагов входят в сеть мониторинга. Все они расположены в наиболее сельскохозяйственно освоенных частях Вятско-Камского междуречья. Основное внимание уделено динамике овражной эрозии в период 1997-2015, который характеризуется существенными изменениями климата и землепользования. Установлено, что темпы регрессивного отступления вершин оврагов постепенно снижались в период 1997-2003 гг., с последующей стабилизацией на достаточно низком уровне (0,2-0,3 м/год). В результате в 1997-2015 среднегодовые темпы прироста оврагов сократились в 3-5 раз для различных типов оврагов по сравнению с темпами прироста в предшествующий период наблюдений (1978-1997). Некоторые различия выявлены в темпах прироста первичных и вторичных оврагов. Среднегодовые темпы прироста донных оврагов составили 0,55 м/год, тогда как прирост различного типа первичных оврагов составили 0,31 м/год, 0,22 м/год и 0,16 м/год соответственно. Кроме того, отчетливый положительный тренд темпов прироста донных оврагов выявлен для периода после 2008 г., что привело к повышению средних темпов прироста в 2015 г. до 0,8 м/год. Литология пород, на которых происходит прирост вершин оврагов, практически не влияет на линейные темпы прироста оврагов.

Ключевые слова: темпы прироста вершин оврагов, вторичные и первичные овраги, изменения климата и землепользования, Удмуртская Республика