Изменения площади пахотных угодий в бассейнах рек Европейской территории России за период 1985–2015 гг. как фактор динамики эрозии почв

М. А. Иванов¹, А. В. Прищепов^{1,2}, В. Н. Голосов¹, Р. Р. Залялиев¹, К. В. Ефимов³,
А. А. Кондратьева⁴, А. Д. Киняшова¹, Ю. К. ИONOва¹

¹ Казанский федеральный университет, Казань, 420008, Россия
E-mail: maximko-87@mail.ru

² Университет Копенгагена, Копенгаген, 1350, Дания
E-mail: alpr@ign.ku.dk

³ Государственный университет по землеустройству, Москва, 105064, Россия
E-mail: kirillka_pozitiv@mail.ru

⁴ Казанский государственный аграрный университет, Казань, 420011, Россия
E-mail: alino4ka_19_94@mail.ru

Работа посвящена влиянию изменения площади пахотных угодий на темпы эрозии почв на участках Европейской части России, расположенных в различных климатических, ландшафтных и геоморфологических условиях. По результатам визуального дешифрирования разносезонных снимков Landsat-5 и -8 рассчитаны площади используемых пахотных угодий в девяти речных бассейнах для двух временных срезов (середина 1980-х гг. и современный период 2013–2015 гг.) и оценены произошедшие за 30 лет изменения. Пашня является преобладающей категорией в структуре землепользования практически на всех участках и составляет от 40 до 65 % в 2015 г. Выявлено сокращение пашни во всех исследуемых бассейнах. Проведена оценка влияния сокращения пахотных угодий на темпы смыва почв. Используя цифровую модель рельефа SRTM с пространственным разрешением 30 м, рассчитаны следующие морфометрические показатели рельефа для используемых и заброшенных пахотных земель: крутизна склонов, длина линий стока, топографический фактор LS . По результатам расчётов наблюдается сокращение средних значений фактора рельефа LS с 1985 по 2015 г. на пахотных угодьях во всех рассматриваемых бассейнах. Полученные данные подтверждают, что сокращение площади пашни является одним из факторов, обуславливающих современное сокращение темпов смыва, наблюдаемого в полевых исследованиях.

Ключевые слова: Landsat, SRTM, пахотные угодья, морфометрия рельефа, смыв почв, Европейская часть России

Одобрена к печати: 15.09.2017
DOI:10.21046/2070-7401-2017-14-6-149-157

Введение

В многочисленных работах, посвящённых динамике землепользования и оценке площадей заброшенных пахотных земель на территории бывшего СССР, подробно рассмотрены возможные причины этих изменений (Baumann et al., 2011; Hostert et al., 2011; Prishchepov et al., 2013, 2016). Однако не менее важна информация об изменениях в структуре сельскохозяйственных земель для оценки экологического состояния территорий, особенно для районов со значительной долей пахотных земель. Особенности изменения землепользования во многом определяют темпы эрозионно-аккумулятивных и ряда других экзогенных процессов. Если в пределах равнинных территорий сокращение пахотных угодий приводит к снижению темпов эрозионных процессов, поскольку основной смыв формируется на обрабатываемых землях, то в горных территориях, где обрабатываемые земли, преимущественно, располагаются на террасированных склонах, на заброшенной пашне эрозионно-денудационные процессы, напротив, активизируются (García-Ruiz, 2010).

Изменения площадей пашни в районах с высокой долей обрабатываемых земель определяют объёмы перемещаемых эрозионными процессами вещества и в определённой степени сказываются на изменении интенсивности смыва, которая зависит от параметров рельефа (Mitasova et al., 1996; Van Oost, Govers, Desmet, 2000). Водная эрозия почв является одним из важнейших агентов деградации почвенного покрова и одновременно основным механизмом переноса загрязняющих веществ, сорбированных почвенными частицами (Golosov et al., 2011; Morgan, 2005), а также углерода в постоянные водотоки и водоёмы (Lal, 1998; Olson et al., 2016). Тем самым, интенсивность эрозионных процессов и пространственный охват территории, на которых она проявляется, во многом определяет экологическую нагрузку для территорий с высокой долей пахотных земель (Golosov et al., 2017; Maetens et al., 2012) и является важным звеном в глобальном цикле углерода (Lal, 2003; Van Oost et al., 2007; Quinton et al., 2010).

Речной бассейн является наиболее удобной территориальной единицей для оценки трендов изменения темпов эрозионных процессов и выявления их влияния на качество поверхностных вод (de Vente, Poesen, 2005; Walling, 1999). В равной мере, оптимизацию землепользования с целью снижения темпов эрозионных процессов и их негативного влияния на экологическое состояние поверхностных вод и водоёмов также целесообразно проводить на уровне речных бассейнов, так как в этом случае в наибольшей степени могут быть учтены интересы различных земле- и водопользователей пользователей, а также минимизированы экологические риски (Apitz, White, 2003).

Основной целью данного исследования является оценка изменения площади используемых пахотных земель в речных бассейнах Европейской территории России, расположенных в различных климатических, ландшафтных и геоморфологических условиях с 1985 по 2015 г., и вклада данных изменений в интенсивность смыва почв.

В ходе исследования были решены следующие задачи.

- Количественный анализ изменения площадей используемых пахотных угодий на территории девяти речных бассейнов для двух временных срезов: середина 1980-х гг., и современный период 2013–2015 гг. на основе результатов дешифрирования разносезонных снимков Landsat-5 TM и Landsat-8 OLI.
- Расчёт ряда морфометрических показателей рельефа на используемых и заброшенных пашнях на основе цифровой модели рельефа (ЦМР) SRTM (Shuttle radar topographic mission) с пространственным разрешением 1 угл. с.
- Анализ изменения вышеуказанных показателей для выявления их влияния на темпы смыва почв.

Материалы и методы

Исследования проводились в пределах южной половины Восточно-Европейской равнины, которая является основным земледельческим регионом России в пределах девяти речных бассейнов, расположенных в различных агроклиматических зонах: 1 — Бассейн р. Иж по замыкающему створу в районе г. Ижевска (Удмуртская Республика); 2 — бассейн р. Меша (Республика Татарстан); 3 — бассейн р. Свияга по замыкающему створу в районе с. Большие Ключищи (Ульяновская область); 4 — бассейн р. Улема (Республика Татарстан); 5 — бассейн р. Медведица по замыкающему створу в районе г. Аткарска (Саратовская область); 6 — бассейн р. Самара по замыкающему створу в районе п. Кленовый (Оренбургская область); 7 — бассейн р. Ведуга (Воронежская область); 8 — бассейн р. Калаус по замыкающему створу в районе с. Сергиевское (Ставропольский край); 9 — часть бассейна р. Кума от ст. Суворовская до ст. Александрийская (Ставропольский край).

В соответствии со схемой геоморфологического районирования СССР А. И. Спиридонова (Воскресенский и др., 1980), исследуемые бассейны лежат в пределах Русской равнины.

Рельеф в бассейнах рек Иж и Меша отличается распространением эрозионно-денудационных ярусных пластово-моноклинальных возвышенностей. Преобладают прямые соотношения рельефа и структуры, но встречаются и формы обращённого рельефа. В бассейне р. Самара преобладает эрозионно-денудационный рельеф с сохранившимися на водоразделах

реликтами миоценовой и плиоценовой поверхностей денудационного выравнивания, с хорошо развитыми ступенчатыми структурно-денудационными формами, бронированными прочными коренными породами. Рельеф бассейнов рек Свияга и Улема денудационно-ярусный, обусловленный особенностями режима новейшей тектоники и структурно-литологическими факторами. Бассейн р. Медведицы характеризуется преимущественно прямым эрозионно-денудационным рельефом. В водосборе р. Ведуга рельеф долинно-балочный и овраженный. Характерны асимметричные формы долин и междуречий, структурно-денудационные элементы рельефа. Бассейны рек Калаус и Кума расположены на эрозионно-денудационной пластово-моноклиальной возвышенности. Характерно глубокое расчленение возвышенности на отдельные водораздельные плато с крутыми ступенчатыми склонами, с преимущественно прямым выражением в рельефе локальных антиклинальных структур.

Абсолютные высоты в пределах исследуемых участков были определены по ЦМР SRTM с пространственным разрешением 30 м. Для того чтобы исключить экстремальные значения высот, которые зачастую обусловлены ошибками модели, были также определены высоты 1-й и 99-й перцентили (*табл. 1*).

Таблица 1. Абсолютные высоты в исследуемых бассейнах

Бассейны рек	Минимальная высота, м	Максимальная высота, м	1%-й перцентиль, м	99%-й перцентиль, м
Иж	83	278	94	241
Меша	44	216	52	198
Свияга	97	338	110	299
Улема	56	232	62	214
Медведица	145	338	157	308
Самара	97	395	111	327
Ведуга	99	267	113	249
Калаус	200	686	225	592
Кума	251	1386	280	776

В качестве исходных данных выступали векторные слои используемых и заброшенных пахотных угодий в рассматриваемые временные срезы, полученные в результате дешифрирования снимков Landsat, и ЦМР SRTM с пространственным разрешением 1 угл. с (~30 м).

Расчёт площадей используемой и заброшенной пашни проводился в гектарах в программе MapInfo. Следует отметить, что для минимизации влияния проекции на результаты использовалось вычисление площадей «на сфере».

В различных моделях эрозии почв влияние фактора рельефа традиционно оценивается на основе оценки двух основных параметров, а именно длины (L) и крутизны склонов (S) и их совместного влияния, характеризуемого показателем их совместного влияния (LS) (Ларионов, 1993). По ЦМР в системе для построения ГИС любого уровня ArcGis были построены растры уклонов и длин линий стока (определяющие фактор рельефа при расчёте темпов эрозионных процессов) на территорию исследуемых бассейнов. В качестве интегрального фактора в программе WhiteBox GAT был рассчитан фактор рельефа LS с помощью инструмента Sediment Transport Index по следующей формуле:

$$LS = (m + 1) \cdot \left(\frac{A_s}{22,13} \right)^m \sin \left(\frac{B}{0,0896} \right),$$

где A_s — площадь частного водосбора; B — локальное значение уклона в градусах; m — показатель площади, берётся обычно равным 0,4; n — показатель уклона, обычно берётся равным 1,3 (Moore et al., 1991).

Используя в качестве масок векторные слои используемых и заброшенных пахотных угодий, были рассчитаны средние значения вышеуказанных морфометрических показателей для каждого бассейна.

Результаты и обсуждение

По результатам дешифрирования рассчитаны площади пахотных земель в рассматриваемые периоды (табл. 2) и оценены произошедшие за 30 лет изменения (табл. 3). Как видно из результатов, пашня является преобладающей категорией земель практически во всех регионах. Минимальная доля пашни (25,6 %) наблюдается в бассейне р. Иж, который расположен в лесной ландшафтной зоне, в самом северном и соответственно самом холодном из рассмотренных бассейнов в агроклиматическом подпоясе.

Таблица 2. Площади пашни в рассматриваемые периоды

Бассейны рек	Площадь бассейна, га	Площадь пашни			
		1985 г.		2015 г.	
		га	%	га	%
Иж	250 819	64 228	25,6	40 229	16,0
Меша	435 421	271 257	62,3	243 918	56,0
Свияга	343 250	195 150	56,9	141 598	41,3
Улема	88 145	60 753	68,9	56 782	64,4
Медведица	361 064	247 290	68,5	223 538	61,9
Самара	287 416	167 817	58,4	144 412	50,3
Ведуга	119 347	84 068	70,4	76 610	64,2
Калаус	176 887	81 544	46,1	70 763	40,0
Кума	246 675	153 988	62,4	127 281	51,6

Поскольку площадь участков различна, для объективной оценки динамики используемых пахотных угодий изменения определялись в процентах от площади пашни в 1980-х гг. Были рассчитаны площади выведенной из использования пашни, вновь распаханых участков, а так же общее изменение (см. табл. 3).

Таблица 3. Изменения пахотных угодий за рассматриваемый интервал

Бассейны рек	Сокращение пашни		Увеличение пашни		Изменения	
	га	%	га	%	га	%
Иж	24 205	37,7	206	0,3	–23999	–37,4
Меша	30 106	11,1	2767	1,0	–27340	–10,1
Свияга	54 468	27,9	916	0,5	–53552	–27,4
Улема	4 328	7,1	356	0,6	–3971	–6,5
Медведица	25 748	10,4	1995	0,8	–23753	–9,6
Самара	26 078	15,5	2673	1,6	–23405	–14
Ведуга	8 073	9,6	615	0,7	–7457	–8,9
Калаус	15 907	19,5	5125	6,3	–10781	–13,2
Кума	28 602	18,6	1894	1,2	–26707	–17,3

Во всех рассмотренных бассейнах наблюдается сокращение пахотных угодий. Наибольшее сокращение наблюдается в бассейне с самой маленькой долей пашни (бассейн р. Иж), расположенном на юге лесной зоны.

Анализируя полученные результаты, можно выявить некоторые закономерности, связанные с природными условиями расположения исследуемых участков, которые в свою очередь могут обуславливать некоторые социально-экономические причины сокращения пашни. Наибольшее сокращение пашни (37,7 %) наблюдается в бассейне р. Иж, расположенном в лесной зоне, а именно в подтаёжных ландшафтах (рис. 1а). Цифра сопоставима с процен-

тами заброшенных земель в период 1990–2000 гг., полученными по ряду субъектов РФ методом автоматизированной классификации: 46 % в Смоленской области, 30 % в Калужской области, 26 % в Тульской области, 28 % в Рязанской области и 27 % во Владимирской области (Prishchepov et al., 2012). Стоит отметить, что перечисленные области так же приурочены к подтаёжным и южнотаёжным ландшафтам, а южные части Рязанской и Тульской областей — к северу лесостепи.

Значительно меньшее сокращение пахотных земель (до 10 %) наблюдается в бассейнах, принадлежащих к лесостепным ландшафтам: Меша, Улема, Ведуга, Медведица (рис. 1б). Здесь же наблюдается наибольшая распаханность территории — от 62 до 70 %. Исключением является территория бассейна Свияги, где площадь пашни сократилась на 27,4 %. Если рассматривать природные условия, то это можно связать с расположением бассейна в холоднотепном агроклиматическом подпояссе, с суммой активных температур до 2200°, а также с распространёнными в бассейне почвами невысокого качества (неполноразвитые, щебнистые почвы).

В бассейнах, расположенных в степной зоне (Калаус, Кума, Самара) сокращение пашни составляет от 10 до 20 %. Здесь наблюдается максимальные значения вертикального расчленения территории. Бассейны Калауса и Кумы характеризуются широкими склоновыми комплексами. Кроме того, здесь распространены солонцеватые почвы и солонцы. Из всех участков выделяется бассейн р. Калаус, где при общем сокращении используемой пашни наблюдается относительно большой процент вновь распаханых земель по сравнению с 1985 г.

Заброшенные участки пашни в основном располагаются на краях массивов пахотных земель и граничат с долинами рек, оврагами и балками и населёнными пунктами. Выявлено закономерное зарастание заброшенной пашни травянистой растительностью, затем кустарником и лесной растительностью (рис. 1в).

Рис. 1. Заброшенные пахотные угодья: а — бассейн р. Иж; б — бассейн р. Ведуга; в — пример местоположения заброшенной пашни

Следует отметить, что сокращение площади пашни связано также с переводом земель в другую категорию, чаще всего в земли лесного фонда, когда на месте бывшей пашни наблюдаются искусственные лесопосадки и лесополосы, и в земли поселений, ввиду закономерного роста населённых пунктов. Такие участки нельзя интерпретировать как заброшенные пахотные угодья.

По результатам расчётов морфометрических характеристик рельефа (табл. 4) наблюдается сокращение средних значений фактора рельефа LS с 1985 по 2015 г. на используемых пахотных угодьях во всех рассматриваемых бассейнах. При этом для заброшенных участков пашни получены максимальные значения этого фактора, что говорит о том, что из использования были выведены участки потенциально в большей мере подверженные эрозии почв.

Таблица 4. Морфометрические показатели рельефа используемых и заброшенных участков пашни

Бассейны рек	Ландшафтная зона	S_{1985}	S_{2015}	S_{Ab}	L_{1985}	L_{2015}	L_{Ab}	LS_{1985}	LS_{2015}	LS_{Ab}
Иж	Юг лесной	2,59	2,60	2,59	120,24	116,78	126,29	1,50	1,47	1,56
Меша	Север лесостепной	1,79	1,77	2,07	115,67	115,02	120,76	1,04	1,01	1,53
Свияга	Север лесостепной	1,52	1,48	1,62	115,98	119,02	109,82	0,87	0,84	0,98
Улема	Север лесостепной	1,89	1,88	2,07	129,36	128,76	144,34	1,03	1,02	1,34
Медведица	Север степной	1,53	1,49	1,80	98,55	96,74	116,24	0,80	0,77	1,06
Самара	Восток степной	2,01	1,92	2,54	129,48	129,44	129,71	1,19	1,12	1,63
Ведуга	Запад лесостепной	2,30	2,23	3,42	91,42	90,14	120,33	1,34	1,27	2,52
Калаус	Юг степной	2,57	2,43	3,23	121,44	118,53	144,39	1,48	1,38	2,04
Кума	Юг степной	2,84	2,79	3,22	113,05	110,25	132,79	1,75	1,67	2,26

S — средний уклон в градусах; L — средняя длина линий стока в метрах; LS — среднее значение фактора LS . Индексы 1985, 2015 — на пашне соответствующего года; Ab — на заброшенных участках пашни.

Стоит отметить, что такое снижение фактора рельефа LS в разных бассейнах обусловлено изменениями различных морфометрических показателей. В бассейнах рек Медведица, Ведуга, Калаус, Кума наблюдается уменьшение средних значений как уклонов, так и длин линий тока. В бассейнах рек Иж и Улема при неизменных значениях уклонов снижение топографического фактора произошло за счёт сокращения длин линий тока. Для рек Меши, Самары и Свияги наблюдается обратная картина, где при равных средних длинах линий стока (а в случае р. Свияги при возросшем значении) первоочередным фактором снижения фактора рельефа LS стала крутизна склонов.

Заключение

В ходе работы был проведена оценка динамики пахотных угодий за тридцатилетний период (1985–2015) в нескольких бассейнах рек Европейской части России, расположенных в различных природных условиях.

Путём визуального дешифрирования разнотемных снимков Landsat и дальнейшей ручной оцифровки созданы векторные слои пашни за два временных периода и получены количественные данные об используемых пахотных угодьях. Анализ результатов позволил выявить сокращение пашни на всех рассматриваемых участках.

Ранее для ряда регионов центра европейской территории России сокращение площадей пашни за рассматриваемый период в большей степени объяснялся социально-экономическими причинами (Prishchepov et al., 2013). Полученные результаты указывают, что в пределах исследованных речных бассейнов в первую очередь из использования выводились наиболее неудобные земли, более подверженные эрозии и приуроченные к нижним частям выпуклых склонов. Данная тенденция более ярко выражена в бассейнах рек степной и западного сектора лесостепной зон и в меньшей степени на юге лесной и севере лесостепной зон. Таким об-

разом, можно сделать вывод, что сокращение площади пашни привело к снижению среднего-
довых темпов смыва на сохранившейся пашне.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект
№ 15-17-20006).

Литература

1. Воскресенский С. С., Леонтьев О. К., Спиридонов А. И., Лукьянова С. А., Ульянова Н. С., Ананьев Г. С., Андреева Т. С., Варущенко С. И., Спасская И. И. Геоморфологическое районирование СССР и прилегающих морей: учеб. пособие для студентов географ. специальностей вузов. М.: Высшая школа, 1980. 343 с.
2. Ларионов Г. А. Эрозия и дефляция почв: основные закономерности и количественные оценки. М.: Изд-во МГУ, 1993, 200 с.
3. Apitz S. E., White S. A conceptual framework for river-basin-scale sediment management // J. Soils and Sediments. 2003. Vol. 3. P. 132–138.
4. Baumann M., Kuemmerle T., Elbakidze M., Ozdogan M., Radeloff V. C., Keuler N. S., Prishchepov A. V., Kruhlov I., Hostert P. Patterns and drivers of post-socialist farmland abandonment in Western Ukraine // Land Use Policy. 2011. Vol. 28 (3). P. 552–562.
5. de Vente J., Poesen J. Predicting soil erosion and sediment yield at the basin scale: scale issues and semi-quantitative models // Earth-Science Reviews. 2005. V. 71. P. 95–125.
6. García-Ruiz J. M. The effects of land uses on soil erosion in Spain: A review // Catena. 2010. V. 81. No. 1. P. 1–11.
7. Golosov V. N., Gennadiyev A. N., Olson K. R., Markelov M. V., Zhidkin A. P., Chendev Y. G., Kovach R. G. Spatial and temporal features of soil erosion in the forest-steppe zone of the East-European Plain // Eurasian Soil Science. 2011. V. 44. No. 7. P. 794–801.
8. Golosov V., Ivanova N., Kurbanova G. Influence of agricultural development and climate changes on the drainage valley density of the southern half of the Russian Plain // Intern. J. Sediment Research. 2017. V. 32. No. 1. P. 60–72.
9. Hostert P., Kuemmerle T., Prishchepov A. V., Sieber A., Lambin E. F., Radeloff V. C. Rapid land use change after socio-economic disturbances: The collapse of the Soviet Union versus Chernobyl // Environmental Research Letters. 2011. V. 6(4). P. 045201.
10. Lal R. Soil erosion impact on agronomic productivity and environment quality // Critical Reviews in Plant Sciences. 1998. V. 17. No. 4. P. 319–464.
11. Lal R. Soil erosion and the global carbon budget // Environment International. 2003. Vol. 29. P. 437–450.
12. Maetens W., Vanmaercke M., Poesen J., Jankauskas B., Jankauskien G., Ionita I. Effects of land use on annual runoff and soil loss in Europe and the Mediterranean: A meta-analysis of plot data // Progress in Physical Geography. 2012. V. 36. No. 5. P. 597–651.
13. Mitasova H., Hofierka J., Zlocha M., Iverson R. L. Modeling topographic potential for erosion and deposition using GIS // Intern. J. Geographical Information Science. 1996. V. 10. P. 629–641.
14. Morgan R. P. C. Soil Erosion and Conservation. 3rd ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2005. 304 p.
15. Moore I. D., Grayson R. B., Ladson A. R. Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications // Hydrological Processes. 1991. V. 5. Iss. 1. P. 3–30.
16. Olson K. R., Al-Kaisi M. A., Lal R., Cihacek L. J. Impact of Soil Erosion on Soil Organic Carbon Stocks // J. Soil and Water Conservation. 2016. V. 71. P. 61–67.
17. Prishchepov A. V., Radeloff V. C., Baumann M., Kuemmerle T., Müller D. Effects of institutional changes on land use: agricultural land abandonment during the transition from state-command to market-driven economies in post-Soviet Eastern Europe // Environmental Research Letters. 2012. V. 7. P. 024021.
18. Prishchepov A. V., Müller D., Dubinin M., Baumann M., Radeloff V. C. Determinants of agricultural land abandonment in post-Soviet European Russia // Land use policy. 2013. V. 30 (1). P. 873–884.
19. Prishchepov A. V., Müller D., Baumann M., Kuemmerle T., Alcantara C., Radeloff V. C. Underlying Drivers and Spatial Determinants of post-Soviet Agricultural Land Abandonment in Temperate Eastern Europe // Land-Cover and Land-Use Changes in Eastern Europe after the Collapse of the Soviet Union in 1991. 2016. P. 91–117.
20. Quinton J. N., Govers G., Van Oost K., Bardgett R. D. The impact of agricultural soil erosion on biogeochemical cycling // Nature Geoscience. 2010. V. 3. P. 311–314.
21. Van Oost K., Govers G., Desmet P. J. J. Evaluating the effects of changes in landscape structure on soil erosion by water and tillage // Landscape Ecology. 2000. Vol. 15. P. 579–591.

22. Van Oost K., Quine T. A., Govers G., De Gryze S., Six J., Harden J. W., Ritchie J. C., Carty G. W., Heckrath G., Kosmas G., Giraldez J. V., Marques da Silva J. R., Merckx R. The impact of agricultural soil erosion on the global carbon cycle // *Science*. 2007. V. 318. P. 626–629.
23. Walling D. E. Linking land use, erosion and sediment yields in river basins // *Hydrobiologia*. 1999. V. 410. P. 223–240.

Changes of cropland area in the river basins of the European part of Russia for the period 1985–2015, as a factor of soil erosion dynamics

M. A. Ivanov¹, A. V. Prishchepov^{1,2}, V. N. Golosov¹, R. R. Zalyaliev¹, K. V. Efimov³,
A. A. Kondrat'eva⁴, A. D. Kinyashova¹, Yu. K. Ionova¹

¹ Kazan Federal University, Kazan, 420008, Russia
E-mail: maximko-87@mail.ru

² University of Copenhagen, Copenhagen, 1350, Denmark
E-mail: alpr@ign.ku.dk

³ State University of Land Use Planning, Moscow, 105064, Russia
E-mail: kirillka_pozitiv@mail.ru

⁴ Kazan State Agricultural University, Kazan, 420011, Russia
E-mail: alino4ka_19_94@mail.ru

The work is devoted to the effect of the change of cropland area on the rate of soil erosion in sites of the European part of Russia located in different climatic, landscape and geomorphological conditions. Using the results of visual interpretation of multi-seasonal Landsat-5 and -8 images, the cultivated cropland areas in 9 river basins for two time slices (mid-1980s and the current period 2013–2015) were calculated, and the changes that occurred over 30 years were estimated. Croplands is the dominant category of land use in almost all regions, and it is in the range of 40–65 % in 2015. The decrease of croplands area was revealed in all studied river basins. An assessment of the effect of cropland reduction on the soil loss rate was carried out. Using the SRMM DEM with a 30 m spatial resolution, the following morphometric characteristics of relief for cultivated and abandoned croplands were calculated: steepness of slopes, flow path length, factor LS. Based on the results of calculations, the average values of the factor LS reduced from 1985 to 2015 on the croplands in all considered basins. The obtained data confirm that the reduction of the croplands area is one of the factors responsible for the decrease of modern soil loss rates observed in field studies.

Keywords: Landsat, SRTM, cropland, relief morphometry, soil loss, European part of Russia

Accepted: 15.09.2017
DOI:10.21046/2070-7401-2017-14-6-149-157

References

1. Voskresenskii S. S., Leont'ev O. K., Spiridonov A. I., Luk'yanova S. A., Ul'yanova N. S., Anan'ev G. S., Andreeva T. S., Varushchenko S. I., Spasskaya I. I., *Geomorfologicheskoe raionirovanie SSSR i prilgayushchikh morei* (Geomorphologic zoning of the USSR and adjacent seas), Moscow: Vysshaya shkola, 1980, 343 p.
2. Larionov G. A., *Eroziya i deflyatsiya pochv: osnovnye zakonomernosti i kolichestvennye otsenki* (Erosion and deflation of soils: basic patterns and quantitative estimates), Moscow: Izd-vo MGU, 1993, 200 p.
3. Apitz S. E., White S., A conceptual framework for river-basin-scale sediment management, *Journal of Soils and Sediments*, 2003. Vol. 3, pp. 132–138.
4. Baumann M., Kuemmerle T., Elbakidze M., Ozdogan M., Radeloff V. C., Keuler N. S., Prishchepov A. V., Kruhlov I., Hostert P., Patterns and drivers of post-socialist farmland abandonment in Western Ukraine, *Land Use Policy*, 2011, Vol. 28 (3), pp. 552–562.
5. de Vente J., Poesen J., Predicting soil erosion and sediment yield at the basin scale: scale issues and semi-quantitative models, *Earth-Science Reviews*, 2005, Vol. 71, pp. 95–125.

6. García-Ruiz J. M., The effects of land uses on soil erosion in Spain: A review, *Catena*, 2010, Vol. 81, No. 1, pp. 1–11.
7. Golosov V.N., Gennadiyev A.N., Olson K.R., Markelov M.V., Zhidkin A.P., Chendev Y.G., Kovach R.G., Spatial and temporal features of soil erosion in the forest-steppe zone of the East-European Plain, *Eurasian Soil Science*, 2011, Vol. 44, No. 7, pp. 794–801.
8. Golosov V., Ivanova N., Kurbanova G., Influence of agricultural development and climate changes on the drainage valley density of the southern half of the Russian Plain, *International Journal of Sediment Research*, 2017, Vol. 32, No. 1, pp. 60–72.
9. Hostert P., Kuemmerle T., Prishchepov A.V., Sieber A., Lambin E.F., Radeloff V.C., Rapid land use change after socio-economic disturbances: The collapse of the Soviet Union versus Chernobyl, *Environmental Research Letters*, 2011, Vol. 6(4), p. 045201.
10. Lal R., Soil erosion impact on agronomic productivity and environment quality, *Critical Reviews in Plant Sciences*, 1998, Vol. 17, No. 4, pp. 319–464.
11. Lal R., Soil erosion and the global carbon budget, *Environment International*, 2003, Vol. 29, P. 437–450.
12. Maetens W., Vanmaercke M., Poesen J., Jankauskas B., Jankauskien G., Ionita I., Effects of land use on annual runoff and soil loss in Europe and the Mediterranean: A meta-analysis of plot data, *Progress in Physical Geography*, 2012, Vol. 36, No. 5, pp. 597–651.
13. Mitsova H., Hofierka J., Zlocha M., Iverson R. L., Modeling topographic potential for erosion and deposition using GIS, *International Journal of Geographical Information Science*, 1996, Vol. 10, pp. 629–641.
14. Morgan R. P.C., *Soil Erosion and Conservation*, Oxford: Blackwell Publishing, 2005, 304 p.
15. Moore I. D., Grayson R. B., Ladson A. R., Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications, *Hydrological Processes*, 1991, Vol. 5, No. 1, pp. 3–30.
16. Olson K. R., Al-Kaisi M. A., Lal R., Cihacek L. J., Impact of Soil Erosion on Soil Organic Carbon Stocks, *Journal of Soil and Water Conservation*, 2016, Vol. 71, pp. 61–67.
17. Prishchepov A. V., Radeloff V. C., Baumann M., Kuemmerle T., Müller D., Effects of institutional changes on land use: agricultural land abandonment during the transition from state-command to market-driven economies in post-Soviet Eastern Europe, *Environmental Research Letters*, 2012, Vol. 7, p. 024021.
18. Prishchepov A. V., Müller D., Dubinin M., Baumann M., Radeloff V. C., Determinants of agricultural land abandonment in post-Soviet European Russia, *Land use policy*, 2013, Vol. 30 (1), pp. 873–884.
19. Prishchepov A. V., Müller D., Baumann M., Kuemmerle T., Alcantara C., Radeloff V. C., Underlying Drivers and Spatial Determinants of post-Soviet Agricultural Land Abandonment in Temperate Eastern Europe, *Land-Cover and Land-Use Changes in Eastern Europe after the Collapse of the Soviet Union in 1991*, 2016, pp. 91–117.
20. Quinton J. N., Govers G., Van Oost K., Bardgett R. D., The impact of agricultural soil erosion on biogeochemical cycling, *Nature Geoscience*, 2010, Vol. 3, pp. 311–314.
21. Van Oost K., Govers G., Desmet P. J. J., Evaluating the effects of changes in landscape structure on soil erosion by water and tillage, *Landscape Ecology*, 2000, Vol. 15, pp. 579–591.
22. Van Oost K., Quine T. A., Govers G., De Gryze S., Six J., Harden J. W., Ritchie J. C., Carty G. W., Heckrath G., Kosmas G., Giraldez J. V., Marques da Silva J. R., Merckx R., The impact of agricultural soil erosion on the global carbon cycle, *Science*, 2007, Vol. 318, pp. 626–629.
23. Walling D. E., Linking land use, erosion and sediment yields in river basins, *Hydrobiologia*, 1999, Vol. 410, pp. 223–240.