

ДЕГРАДАЦИЯ,
ВОССТАНОВЛЕНИЕ И ОХРАНА ПОЧВ

УДК 631.4

ГЕОГРАФИЯ ДИНАМИКИ ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКОЙ ЭРОЗИИ ПОЧВ
СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

© 2021 г. Л. Ф. Литвин^а, З. П. Кирюхина^а, С. Ф. Краснов^а,
Н. Г. Добровольская^а, А. В. Горобец^{а, *}

^аМГУ им. М.В. Ломоносова, Ленинские горы, 1, Москва, 119991 Россия

*e-mail: GorobetsAV@geogr.msu.ru

Поступила в редакцию 17.03.2020 г.

После доработки 28.03.2020 г.

Принята к публикации 24.04.2020 г.

Социально-экономические реформы сельского хозяйства совместно с трансформацией климата обусловили пространственные изменения антропогенных факторов и самой земельной эрозии почв в азиатской части России. Сопоставление до- и пореформенных количественных характеристик интенсивности смыва и массы смываемой с обрабатываемых склонов почвы было выполнено для административных субъектов азиатской территории России на основе логико-математических моделей эрозии. Установлено значительное территориально дифференцированное уменьшение массы ежегодно смываемой с пахотных склонов почвы в большинстве административных областей за исключением Алтайского края и Амурской области. На пашнях остальных субъектов оно составило от 25 до 50% по отношению к смыву в период 1960–1990 гг. Максимальное уменьшение произошло в засушливых ландшафтах республик Тыва, Бурятия и Забайкальского края (–73–93%). Менее выражены пространственные изменения интенсивности смыва на обрабатываемой в настоящее время пашне – существенный рост выявлен лишь в Дальневосточном экономическом районе. Основной причиной пореформенной динамики земельной эрозии послужило повсеместное сокращение площадей обрабатываемых земель и изменение почвозащитной способности агроценозов.

Ключевые слова: динамика факторов эрозии, интенсивность и масса смыва почв, обрабатываемая и незасеваемая пашня

DOI: 10.31857/S0032180X2101007X

ВВЕДЕНИЕ

Земли, пригодные для земледелия, узкой полосой окаймляют с юга азиатскую часть России. На востоке эти земельные угодья отличаются еще и крупноанклавной пространственной структурой – пашня сосредоточена в крупных котловинах или расширениях речных долин. Часто здесь же отмечается наибольшая плотность населения и сосредоточение промышленности. Именно по этим причинам земельная эрозия почв (ЗЭП) – наиболее интенсивная из природно-антропогенных видов эрозии – является важным фактором экономики сельского хозяйства и экологии, способствуя загрязнению вод, развитию оврагов, ухудшению естественного плодородия и экологических функций почв. В то же время при господствующих в настоящее время системах обработки почв, ускоренная водная эрозия – неизбежный спутник богарного земледелия. Это в полной мере относится к пашням юга Сибири и Дальнего Востока. Последние десятилетия характеризуются экстремальными изменениями антропогенных факторов земельной эрозии. Социально-

экономические реформы сельского хозяйства, затронувшие все регионы РФ, не могли не сказаться на распространении и интенсивности эрозии почв азиатского региона. Прежде всего, это сокращение площади обрабатываемой пашни, то есть собственной площади ареала ЗЭП. Важным фактором динамики ЗЭП служит изменение почвозащитной способности агроценозов, которое при стабильной технологии земледелия определяется соотношениями в структуре посевов культур с различной почвозащитной способностью. Следует отметить, что сокращение площади пахотных земель затронуло не только Сибирь, но и все развитые страны мира [7, 21, 40, 41]. Так, только абсолютное сокращение площади пашни в РФ (в основном за счет перевода в сенокосы и пастбища) составило 10.7 млн гектаров, а сокращение площади обрабатываемых пашен по официальным источникам оценивается в диапазоне от 30 до 48 млн га [21, 41]. В отношении региональных систем обработки почв и агротехники в целом коренного преобразования не произошло. Примеры внедрения новых “революционных” в почвозащитном отношении агротехнических технологий – таких как

минимальная или нулевая обработки, в нашей стране пока единичны.

Научно-техническое обоснование многозатратных проектов противоэрозионных мероприятий требует, прежде всего, разномасштабных количественных территориальных оценок интенсивности эрозии и тенденций ее динамики. Задача настоящей работы – количественная оценка изменений географии антропогенных факторов и основных параметров земельной эрозии почв азиатской территории России в пореформенный период в разрезе крупных административных единиц.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Для оценки интенсивности земельной эрозии почв используется набор самых разнообразных методов, включая многолетние стационарные наблюдения, полевые и лабораторные эксперименты и наиболее интенсивно развивающиеся в последнее время методы радиоизотопных маркеров [8, 17]. Результаты большинства из них достоверны лишь на локальном или “точечном” территориальном уровне. Для региональных территориальных оценок динамики ЗЭП на практике используются две группы методов – почвенно-морфологические и логико-математического (термин Швевса [36]) моделирования, обоснованные и верифицированные по данным стационарных натурных наблюдений и измерений.

Почвенно-морфологический метод с применением аэрофотосъемки, а позже космических снимков, составил основу почвенно-эрозионных съемок, которыми были охвачены практически все пахотные земли России [25]. С его помощью динамика ЗЭП может быть оценена путем повторных почвенно-эрозионных съемок. Одним из примеров может служить сопоставление результатов повторных туров почвенно-эрозионных обследований с известной разницей во времени, например, для каштановых и черноземных почв природно-почвенных зон и подзон Алтайского края [24]. Повторная съемка осуществлялась на отдельных ключевых участках с дальнейшей пространственной интерпретацией, поскольку для сплошных почвенно-эрозионных съемок обширных территорий затраты времени и труда представляются нерентабельными. Следует заметить, что принципы самой интерполяции в настоящее время недостаточно обоснованы. Ограничением почвенно-морфологического метода для оценки динамики ЗЭП за кратковременный период (30–40 лет) является низкая точность определения мощности смытого слоя почвы, не говоря уже о невысокой достоверности результатов в районах с маломощными почвами [27]. Так, смыв пятисантиметрового слоя за 30 лет, то есть с интенсивностью около 20 т/га в год, далеко недостаточен для перевода почвы в иную степень смытости [25].

В настоящее время в России и за рубежом широкое практическое применение нашли модели, оценивающие среднесезонные параметры эрозионных процессов – Универсальное уравнение эрозии (USLE, RUSLE), модель талого смыва Государственного гидрологического института (ГГИ), модель Сурмача [12, 31, 42]. Использование подобных моделей для оценки динамики ЗЭП также требует сопоставления разновременных результатов. Их преимущество заключается в возможности выполнить оценки эрозии за произвольно выбранный отрезок времени, продолжительностью не менее 20 лет [18], при имеющихся сведениях о факторах-аргументах. Другое преимущество – представление результатов в количественной форме, например, в тоннах с гектара в год, что в большей степени отвечает запросам проектирования почвозащитных и природоохранных мероприятий, а также выявлению экологических последствий. Результаты такого моделирования, конечно, нуждаются в верификации по данным эрозионных стационарных наблюдений.

Для выявления динамики земельной эрозии почв в азиатской части России сопоставлялись данные по ее интенсивности и распространению в дореформенный (1960–1990 гг.) и пореформенный периоды (2010–2017 гг.). Эрозионное состояние пахотных земель в дореформенный период оценивалось сотрудниками Научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов географического факультета МГУ на основе количественной модели, представляющей собой модернизацию и адаптацию к российским условиям модели USLE и глубокую переработку модели ГГИ [16]. В результате были созданы обширные “факторные” базы данных, характеризующие природно-антропогенные условия, как ливневой эрозии, так и эрозии при снеготаянии (“талой”). Также были выполнены расчеты интенсивности смыва и массы ежегодно смываемой почвы в пределах отдельных хозяйств, административных районов, областей и крупных природных территориальных единиц. На основе расчетов составлены разномасштабные карты интенсивности эрозии, в том числе карта “Эрозионноопасные земли России” масштаба 1 : 1500000, выявлены географические особенности размещения различных типов эрозии почв [18]. Методика, разработанная для составления карты “Эрозионноопасные земли России”, использована и для фиксации эрозионного состояния пахотных угодий азиатской части РФ пореформенного периода (2010–2017 гг.).

Структурные формулы универсального уравнения эрозии (модель USLE) и его модификаций [42, 16] имеют вид:

$$W = K \times R_{30} \times LS \times C,$$

где W – средне многолетняя интенсивность смыва (т/га в год); K – фактор смываемости (эродируемости) почв, комплексно характеризующий ее способность противостоять действию ударов дождевых капель и текущей воды (т/га/ед. R_{30}); R_{30} – характеристика эродирующей способности дождя, представляющая собой среднегоголетнюю величину годовой суммы эрозионного потенциала дождя; LS – фактор рельефа как сложная функция произведения уклона (S) и длины склона (L); C – фактор растительности – почвозащитная способность культуры (севооборота, агроценоза), оцениваемая отношением интенсивности смыва со склона под конкретной культурой к смыву с аналогичного склона под черным паром.

Расчеты интенсивности эрозии (в т/(га год)) для талой и ливневой эрозии в пореформенный период проводились по компьютерной программе “EROSION” С.Ф. Краснова. Использовалась та же сетка территориальных оценочных единиц – элементарных эрозионных ареалов, что и для карты дореформенного периода [18].

Информация о современном состоянии антропогенных факторов ЗЭП (площадь пашни, структура пахотных угодий, структура посевов) получена из официальных источников: ряда сборников и справочников “Российского статистического ежегодника”, “Государственных (национальных) докладов “О состоянии и использовании земель”, справочников: “Агропромышленный комплекс России” Минсельхоза, “Земельный фонд Российской Федерации” Росземкадастра, “Сельское хозяйство в России. 1998”, “Федеральная сельскохозяйственная перепись 2006 г.”. Суждения о динамике климатических факторов опираются на результаты региональных исследований с их верификацией стационарными наблюдениями за склоновым стоком и смывом почв при снеготаянии [2, 3, 10, 11, 32, 34].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Динамика природных факторов. К природным факторам ЗЭП относятся климатические, почвенные и геоморфологические эрозионно-значимые природные явления, которые в той или иной степени преобразуются земледелием. Наименее подвержены такому преобразованию параметры климата (характеристики атмосферных осадков, температурного режима почвы и т. п.). При оценках эрозионно значимых изменений этих факторов необходимо исследовать закономерности их пространственного распределения, временной изменчивости, а также установить их нормативные значения. Так, например, за нормативные величины WMO (World Meteorological Organization) приняты среднегоголетние значения температуры воздуха и осадков периода 1961–1990 гг. [38].

Большая протяженность земледельческой зоны азиатской части России и сложный рельеф территории предопределяют значительные климатические контрасты, например, между засушливыми юго-западом Оренбургской области, Забайкальем и дождливым Приморьем, где среднегоголетний годовой слой осадков превышает 800 мм. В период, принятый за климатически нормативный, земледельческая зона Западной Сибири характеризовалась однообразием пространственного распределения как эрозионного потенциала дождей (R_{30} около 5 единиц), так и распределения предвесенних запасов воды в снеге (60–80 мм). Восточнее контрастный рельеф способствовал существенным различиям эрозионно-значимых климатических показателей соседних анклавов земледелия. Так, в Красноярске R_{30} составляет 6.5 ед., в Минусинской котловине – 3.2 ед., а в Тувинской – 2.4 ед. Запасы воды в снеге в этих котловинах также в 2–3 раза снижены (20–40 мм). Не менее разнообразны в этом отношении Западное и Восточное Забайкалье – на метеостанции Улан-Удэ R_{30} равно 4.4 ед., а в Чите 8.8 ед. Муссоны Дальнего Востока обуславливали чрезвычайно высокую эрозионную опасность дождевых осадков на метеостанциях Благовещенска, Хабаровска и Владивостока, значения R_{30} которых превышали 20 ед., что сопоставимо с показателями предгорных равнин Северного Кавказа, в то время как предвесенние запасы воды в снеге здесь минимальны (20–30 мм).

Динамика эрозионного потенциала дождя. Для пространственно-временного распределений среднегоголетних значений R_{30} равнинных лесостепных и степных территорий характерна чрезвычайная вариабельность [18, 20]. Климатические контрасты земледельческих анклавов Сибири, где тренды годовых сумм осадков различны по величине и знаку даже внутри морфоклиматических районов [2], пространственная изменчивость R_{30} также разнообразна. Так, в Средней Сибири тренд эрозионного индекса дождя положителен для метеостанций Красноярска и Ачинска, но отрицателен для Хакасии, Приольхонья и Западного Забайкалья. Плювиометрические данные 15 метеостанций за 25–30-летний период наблюдений свидетельствуют и о малой абсолютной величине самих трендов R_{30} (от 0.01 до 0.19) отрицательных для большинства пунктов [2]. Таким образом, при недостаточной длине рядов наблюдений и разнонаправленности трендов, представляется, что учет современных тенденций среднегоголетних показателей эрозионного потенциала дождевых осадков для оценки среднегоголетней интенсивности недостаточно обоснован.

Климатические факторы эрозии почв при снеготаянии. В моделях эрозии почв при снеготаянии среднегоголетняя интенсивность смыва с па-

хотных склонов прямо пропорциональна средне-многолетнему слою весеннего (талого) склонового стока [16, 31]. При этом формирование сезонного слоя стока чрезвычайно многофакторный и трудно прогнозируемый процесс, исследованиям которого посвящена обширная отечественная литература. Важнейшие климатические факторы формирования стока на обрабатываемых склонах — глубина промерзания почвы и предвесенние запасы воды в снежном покрове. Глубиной промерзания обуславливаются, прежде всего, высокие коэффициенты талого стока и образование льдистых экранов на пахоте, благоприятствующих стоку и смыву почв со склонов.

Общим обстоятельством для всей земледельческой зоны Сибири служат крайне низкие температуры холодного сезона, обеспечивающие глубокое промерзание почв, среднемноголетние величины которого составляют от 1.5 м на западе и до 2–2.5 м в Приангарье и Забайкалье. Эти величины значительно превышают “лимитирующую” величину промерзания (не более 30–50 см), при которой сток не формируется независимо от уровня снегозапасов [4]. Действительно, по данным 30-летних наблюдений в Западной Сибири на склонах под агроценозами талый сток воды и смыв почвы ежегоден [34]. Стационарные наблюдения в подтаежной зоне юго-востока Западно-Сибирской равнины также свидетельствуют о ежегодном смыве и стоке воды на пахотных угодьях в период 1988–2017 гг. При этом интенсивность смыва за период 1993–1996 гг. ($5.9 \text{ м}^3/\text{га}$) была немало выше, чем в 2012–2017 гг. ($5.2 \text{ м}^3/\text{га}$) [10].

Эрозионный потенциал рельефа и противоэрозионная стойкость почв. Рельеф и почвы обрабатываемых земель — природно-антропогенные факторы, антропогенная составляющая которых сказывается в гораздо большей мере, чем для климатических факторов. Так, длина и крутизна обрабатываемых склонов, важнейшие индикаторы интенсивности смыва, во многом определяются технологией земледелия (типом механизмов, способами транспортировки продукции и т. д.), а пахотные почвы, преобразованные многократной обработкой и смывом в агроземы, отличаются от естественных почв плотностью, содержанием органического вещества, структурой, агрегатным составом, и другими эрозионно-значимыми свойствами.

Эрозионная стойкость почв и рельеф пахотных земель — наиболее консервативные элементы эрозионно-склоновых систем. Для старопашотных почв главные свойства, контролирующие их противоэрозионную стойкость (содержание органического вещества и гранулометрический состав), достаточно стабильны во времени. Значения других почвенных свойств (водопроницаемость, структурность) изменчивы по годам и

внутрисезонно. Противоэрозионная стойкость почв также несколько варьирует в течение года, однако, количественно оценить эти изменения практически невозможно [17]. Установлено, что устойчивость к смыву оттаявших (талых) почв снижается на 20–25% [15], но это мало сказывается на интенсивности смыва, поскольку дожди в межсезонье достаточно редки. В среднемноголетнем разрезе все перечисленные выше эрозионно-значимые параметры старопашотных почв (к старопашотным можно отнести все почвы, обрабатываемые в пореформенный период) весьма стабильны: их изменения за 30-летний период, как правило, не превышают статистических погрешностей измерений.

Пространственное распределение эродированности пахотных почв обусловлено, главным образом, географией генетических типов почв и гранулометрическим составом их пахотного горизонта. Для пашен Западно-Сибирской почвенной провинции и в степной части Алтайского края, где преобладают черноземы (Haplic Chernozems (Pachic)) с высоким содержанием органического вещества, эродированность не превышает 1.5 т/га на единицу R_{30} . Несколько выше эродированность черноземов крупных земледельческих анклавов Восточно-Сибирской почвенной провинции. Высокой эродированностью характеризуются серые лесные почвы (Greyzemic Phaeozems), но максимальна она у дерново-подзолистых почв (Eutric Retisols (Cutanic, Ochric)) на покровных отложениях — до $3.6 \text{ т/га/ед. } R_{30}$ [13]. Важный аспект для масштабных оценок ЗЭП — в азиатской части России обширные территории административных областей нередко включают в себя несколько ландшафтных зон с контрастными по противоэрозионной стойкости почвами.

Эрозионный потенциал рельефа (LS модели USLE) — функция длин линий стока и крутизны склонов) отличается чрезвычайной пространственной вариабельностью — на любом склоне имеются участки, где по условиям рельефа смыва почвы не происходит. Пространственная изменчивость эрозионного потенциала рельефа контролируется особенностями геоморфологического строения территории и выборочностью земледельческого освоения или, напротив, забрасывания пашни на склонах. Последнее обстоятельство чрезвычайно важно для оценки динамики ЗЭП в пореформенный период. Непосредственная оценка изменений фактора рельефа путем сопоставления карт эрозионного потенциала рельефа пашни (LS) или карт длины и крутизны склонов дореформенного периода с современными картами этих же параметров рельефа пашни в настоящее время затруднительна, поскольку крупномасштабные карты земельных угодий сейчас требуют постоянной корректировки в виду чрезвычайно

высокой динамики в расположении угодий. Следует отметить, что в регионе перевод пашни в земли других категорий не связан с интенсивностью эрозионных процессов, да и забрасывались не эродированные пашни на склонах с высоким значением LS , а “далекие” от населенных пунктов и, главное, менее плодородные пашни [6, 34]. При массовом пространственном перераспределении угодий, когда доля заброшенной необрабатываемой пашни достигает десятков процентов, существенные изменения среднеобластных показателей LS маловероятны. На локальных участках, например в забайкальской Тункинской котловине, перераспределение пашни в рельефе достаточно заметно [30], и может иметь существенный эрозионный эффект.

Динамика антропогенных факторов. Для земельной эрозии почв главными эрозионно-значимыми последствиями социально-экономических реформ оказались: а) повсеместное ускорение абсолютного сокращения площади ареала ЗЭП (обрабатываемой пашни); б) распространение нового вида агрофона — “незасеваемой пашни”, то есть залежи или перелога с высокой почвозащитной способностью растительности, формально числящимися пашней; в) изменение структуры посевов — определяющего показателя почвозащитной способности агроценозов; г) дехимизация земледелия — снижение массы вносимых минеральных удобрений и гербицидов.

Абсолютное сокращение площади пашни, фиксируемое официальной статистикой, связанное с переводом пашни в другие категории земель (земли населенных пунктов и т.п.) или иные виды сельскохозяйственных угодий (залежь, естественные кормовые угодья), ускоренно осуществлялось в азиатской части РФ, начиная с 90-х годов прошлого века. Абсолютным данное сокращение можно назвать в том смысле, что эти земли в обозримом будущем, либо никогда, не будут вновь обрабатываться. За период 1990—2015 гг. такое сокращение составило для экономических районов от 6 до 11% от первоначальной площади пашни, а максимально в Восточно-Сибирском — 26.3% [33]). Для крупных административных единиц (областей, краев, республик) показатели более контрастны. Если для большинства из них сокращение пашни составляет лишь первые проценты, то в отдельных субъектах с низким естественным плодородием почв или недостаточным увлажнением [35] оно достигло десятков процентов. В Восточной Сибири это падение выражено гораздо масштабнее — в засушливой Республике Тыва — 61.1%, в Забайкалье — 78.7%, а в Хабаровском крае — 64.0%. Однако в соседних Амурской области и Еврейской АО сокращение пашни составляет всего лишь 1 и 7%, соответственно. Такая вариабельность абсолютного сокращения площади пашни (как сельскохозяйственного угодья) имеет, вероятно, не только объ-

ективные природные и экономические причины, но и административную составляющую.

Сужение пахотного клина в случаях перевода пашни в иные сельскохозяйственные угодья (сенокосы, пастбища) предопределяет кардинальное затухание эрозии почв. На заброшенных пашнях быстро восстанавливается “естественный” растительный покров с высокой почвозащитной способностью. Благодаря небольшим уклонам бывших пахотных склонов (по нормативам крутизна пахотных склонов не должна превышать 12 градусов) и низким пастбищным нагрузкам интенсивность эрозионных процессов на склонах с новыми пастбищами сокращается на 2—3 порядка величины, то есть до уровня “естественной” эрозии. Что касается пашен, переведенных в другие категории земель, например, земли населенных пунктов, то их доля в большинстве административных областей невелика — несколько процентов пашни. Эрозионная судьба таких земель не выявлена.

Необрабатываемая (незасеваемая) пашня. В до-реформенный период считалось, что все земли, официально отнесенные к пашне, обрабатываются, и это с незначительными местными отклонениями в ту или другую сторону соответствовало действительности. В настоящее время повсеместно площадь земель, официально числящихся пашней, значительно превышает фактически обрабатываемые площади (сумма посевных площадей и паров). В официальной статистике разница в величине площади пашни и фактически обрабатываемой формально покрывается за счет “статистического” преувеличения площади паров, каковая ни в коей мере не соответствует действительному соотношению посевов и пара в современных севооборотах [21]. Официальные источники не содержат данных по административным единицам о площадях пара. Это обстоятельство вызывает серьезные разногласия в оценках общего сокращения площади обрабатываемых земель, которые для РФ варьируют в диапазоне от 30 до 48 млн га [21, 41]. Исчисление действительной современной площади паров возможно на основе учета “дореформенных” соотношений долей паров и посевов по каждому из регионов (областей). Такой прием оценки использовался ранее исследователями для подсчета площадей так называемой “необрабатываемой” или “незасеваемой” пашни [19, 21]. Подобные угодья образуют “новый агрофон”, с высокими почвозащитными свойствами растительности близкими к свойствам растительности многолетних залежей/перелогов или естественной растительности. Долговременное выведение таких массивов пашни из севооборотов с дальнейшим их заустариванием и залесением или восстановлением травянистой растительности — повсеместное явление, как на европейской, так и в азиатской частях РФ [34].

Географические закономерности распределения доли незасеваемой пашни в разрезе экономических районов сходны с распределением абсолютного сокращения пахотного клина, но по величине превышают последние в 2–3 раза. Максимальная доля незасеваемой пашни в Восточно-Сибирском экономическом районе – 41% от пахотного клина 1980 г., а при учете и абсолютных потерь площадь обрабатываемой пашни сократилась на 67.2% (табл. 1). Интересно, что в административных единицах, где произошли максимальные абсолютные сокращения площадей пашни, доли незасеваемой пашни меньше средних на территориях того же административного ранга. Так, в Забайкальском крае незасеваемая пашня составляет 21% от пашни 1980 г. при общих потерях 89.3%, а в Хабаровском крае всего лишь около 5% при общих потерях 68.6%.

Расчеты показывают, что общее уменьшение площади обрабатываемой пашни в целом, то есть суммы площадей абсолютных потерь и незасеваемой пашни, в Уральском и Западно-Сибирском экономических районах превосходят “абсолютные” потери пахотных земель в 2–3 раза. По областным показателям эти соотношения достигают 5–7 раз, а иногда и порядка величины, измеряясь уже первыми десятками процентов. Несколько иная картина в Восточно-Сибирском экономическом районе, где общие потери площадей обрабатываемой пашни максимальны (67.2%). Здесь абсолютные потери в отдельных регионах составляют основу общих потерь – Забайкальский край и Республика Тыва, 89.3 и 93% соответственно. То же и в Хабаровском крае 64 и 68.6%, абсолютные и общие потери соответственно. Исключение – Республика Бурятия, где незасеваемые пашни составляют четверть от общих потерь – 18.6 и 80% (2012 г. к 1980 г.). Минимальное общее сокращение пашни в 15% произошло в Алтайском крае [7], где доля незасеваемой пашни почти равна доле абсолютных потерь. В отдельных административных областях отмечается заметная пространственная внутриобластная дифференциация обоих показателей. Так, площади пашен в Тункинской котловине за счет их перевода в пастбища сократились в девять раз [30], тогда как в целом по Иркутской области площади обрабатываемой пашни сократились на 59.7%.

Таким образом, во всех субъектах азиатской части РФ произошло весьма существенное сжатие обрабатываемого пахотного клина, преимущественно за счет повсеместного распространения “незасеваемой” пашни. Восстановление на этих площадях естественной растительности с высокой почвозащитной способностью предопределяет и соответствующее уменьшение массы смываемой со склонов почвы. Прогноз временной динамики обрабатываемых площадей достаточно сложен. В большинстве административных обла-

стей с 2006–2010 гг. обнаруживаются тенденции к стабилизации посевных площадей при незначительном тренде их снижения в сибирской части Уральского экономического района и заметном росте в Дальневосточном районе (рис. 1). В этой связи представляется оправданным для оценки площадей обрабатываемой пашни использование соответствующих данных любого года с 2010 до 2020 гг.

Сокращение площадей обрабатываемых почв происходит в большинстве развитых стран мира [21, 39, 41]. Многочисленные факторы и причины территориальной дифференциации этого явления имеют как общие экономические основы, так и региональные специфические особенности. Фундаментальными исследованиями установлено, что основными причинами пространственной вариабельности сокращения площадей обрабатываемой пашни в России явились демографические факторы, а природные условия (биоклиматический потенциал) чаще всего лишь усиливали или ослабляли их действие [21, 40, 41]. К второстепенным факторам отнесены, транспортная доступность территории, близость к промышленным центрам [21, 40]. Набор факторов и их иерархия неодинаковы для территориальных единиц различного ранга [21].

Специфика стремительного земледельческого освоения Сибири состояла в определяющей роли таких факторов как естественного плодородия почв и отсутствие/сглаженность влияния военно-исторических факторов. В страноведческом очерке Сибири конца XIX в. составленном под руководством П.П. Семенова-Тянь-Шанского, утверждалось, что “... вся экономическая судьба населения культурной полосы Сибири всецело определяется, вообще говоря, положением земледелия и тесно связанного с ним скотоводства; хороша земля – население достигает высокой степени зажиточности и растет как естественным путем, так и путем наплыва пришлых элементов; плоха земля – население нередко расползается искать лучших мест для поселения” [стр. 97, 29].

В первые годы реформ внесение минеральных удобрений под зерновые в России снизилось в четыре раза [9], а в некоторых районах Сибири наблюдалось практически полное прекращение внесения удобрений и химических мелиорантов [5]. В таких условиях экономическая целесообразность земледелия в большой мере определилась биоклиматическим потенциалом территорий (естественным плодородием почв). Представляется, что и в Сибири одной из основных причин территориальной дифференциации сокращения площади самих пахотных угодий являются различия естественного плодородия обрабатываемых почв (рис. 2). В целом на рисунке четко выделяются две области Западная Сибирь с Приуральем

Таблица 1. Пространственно-временная динамика земельной эрозии почв азиатской территории России

Административные единицы (экономический район, край, республика, область)	Обрабатываемая пашня		Динамика интенсивности смыва		Масса смытой почвы		
	площадь, тыс. га		2012 г. 1980 г.	2012 г. 1980 г.	тыс. т		2012 г. 1980 г.
	1980 г.	2012 г.	+/- %	+/- %	1980 г.	2012 г.	+/- %
Уральский*	7747	4814	-37.9	-9.7	9620	5395	-43.9
1. Курганская обл.	3030.5	1732.6	-42.8	0	909	519	-42.8
2. Свердловская обл.	1543.2	892.8	-42.1	-12.5	6172	3125	-49.4
3. Челябинская обл.	3173.5	2188.1	-31.1	0	2538	1751	-31.1
Западно-Сибирский	19534	14832	-24.1	12.1	26355	22424	-14.9
4. Алтайский край и Респуб- лика Алтай	7267.2	6172.6	-15.1	36.4	7993.9	9259	15.8
5. Кемеровская обл.	1563.6	1130.3	-27.7	6.5	9694	7460	-23.0
6. Новосибирская обл.	3931	2683.4	-31.7	0	4717	3220	-31.7
7. Омская обл.	4372.8	3217.8	-26.4	0	1311	965.3	-26.4
8. Томская обл.	671.1	429.8	-36.0	-6.9	1946	1160.4	-40.4
9. Тюменская обл.	1728.9	1197.8	-30.7	-25.0	692	359.4	-48.0
Восточно-Сибирский	9568	3139	-67.2	-6.1	77926	20780	-73.3
10. Республика Бурятия	1020.8	204.7	-80.0	8.3	11025	2395	-78.3
11. Республика Тыва	492.2	34.2	-93.0	0	1969	136.9	-93.0
12. Красноярский край и Рес- публика Хакасия	4000.6	1938.6	-51.5	-6.0	20003	9111	-54.5
13. Иркутская обл.	1786.4	719.9	-59.7	-9.7	18400	6695	-63.6
14. Забайкальский край	2267.5	241.9	-89.3	-13.7	26530	2443	-90.8
Дальневосточный	2828	1747	-38.2	44.1	16931	15068	-11.0
15. Амурская обл. и Еврейская АО	1793.2	1249.2	-30.3	73.2	7352	8870	20.6
16. Приморский край	761.6	411.52	-46.0	27.3	8378	5761	-31.2
17. Хабаровский край	273.1	85.87	-68.6	15.9	1202	437.9	-63.6

* Учтена только азиатская часть Уральского экономического района. Не включены пашни Северо-Восточной Сибири за незначительностью площадей.

и восточная часть региона. В Западной Сибири (левая часть рис. 2) коэффициент корреляции этих показателей равен 0.51, а для восточных территорий он достигает 0.68. Отклонение от общей тенденции — очень большие потери пашни в Бурятии, Тыве и Забайкальском крае (табл. 1). Вероятно, здесь основным фактором является относительная нехватка влаги. Так, в Бурятии за последние девять лет (1913—2003 гг.) 27 были засушливыми с урожайностью зерновых менее 8 ц/га, в том числе в 1999—2003 гг. от 5 до 8.2 ц/га [1]. Урожай зерновых на обрабатываемых пашнях этих территорий и в настоящее время почти в два раза ниже, чем в остальных областях Сибири [9]. Недостаток влаги сказывается на урожайности и в западных областях Сибири, перекрывая эффект снижения пло-

дородия эродированных почв [37]. Зонально-ландшафтная дифференциация потерь пахотных земель в Сибири на областном уровне прослеживается трудно, но внутри областей такая тенденция достаточно заметна. Так, в Омской области в лесной зоне сокращение пашни достигло 75%, в северной лесостепи — 46.3%, а в южной лесостепи — 5% [22, 23].

Почвозащитная способность агроценозов. Почвозащитная способность отдельных культур и агроценозов значимый фактор, определяющий интенсивность ЗЭП (табл. 1). Почвозащитные свойства агроценоза — определяются агробиологическими свойствами отдельных культур, их долей в севообороте (в структуре посевов), технологией обработки почв, а также региональными

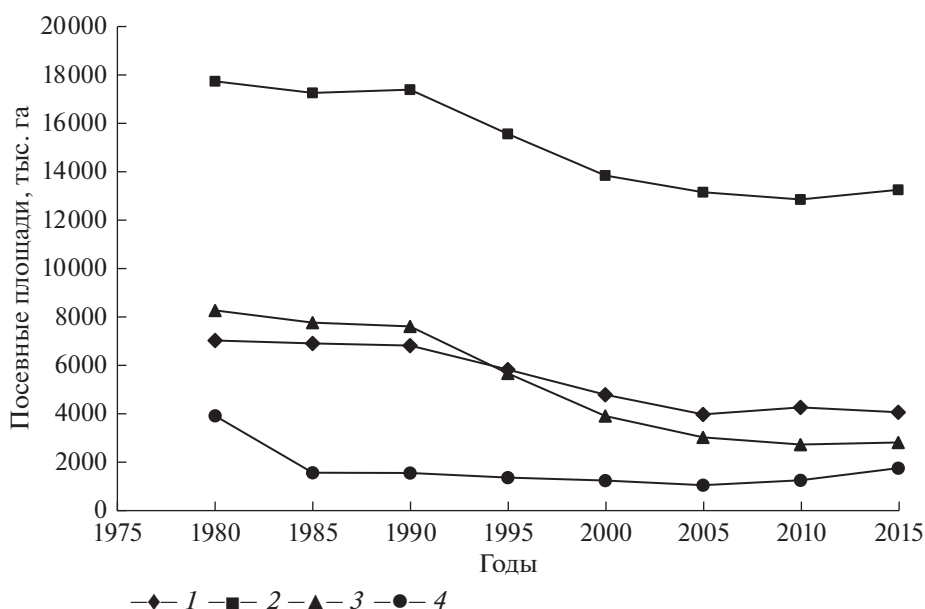


Рис. 1. Динамика посевных площадей в экономических районах РФ. Экономические районы: 1 – Уральский; 2 – Западно-Сибирский; 3 – Восточно-Сибирский; 4 – Дальневосточный.

ми соотношениями фаз развития растений с внутрисезонным распределением ливневой активности [16, 42]. По степени почвозащитной эффективности при ливневой эрозии полевые культуры объединяются в следующие агроэрозионные группы: многолетние травы, озимые зерновые, густопокровные яровые, высокостебельные пропашные, низкостебельные пропашные, черные пары, а при талой эрозии обособляются три агрофона: зябь + пар, озимые зерновые, многолетние травы [16]. В используемой модели ЗЭП показателем почвозащитной способности приняты индексы агроценозов при талом (Ст) и дождевом (Сд) склоновом стоке, которые оцениваются отношением смыва со склонов под культурами к смыву с чистого пара, то есть абсолютные значения этих индексов обратно пропорциональны почвозащитной способности. Годовой индекс почвозащитной способности агроценозов рассчитывается с учетом долей талой и ливневой эрозии в суммарном годовом эффекте эрозии. В связи с постоянной ротацией культур на полях севооборота общая почвозащитная способность агроценоза может оцениваться только в пределах административно-хозяйственных единиц – севооборота, территории хозяйства, административного района, области.

Данные о структуре посевных площадей крупных административных единиц публикуются в официальных справочниках. Регулярность публикаций дает возможность оценить ежегодные изменения почвозащитной способности агроценозов. Анализ динамики почвозащитной способности агроценозов азиатской части РФ в период с

1996 г. показал, что кардинальных изменений не произошло. Структура посевных площадей в разрезе агроэрозионных групп оказалась достаточно консервативной для подавляющей части региона. Соотношение площадей агроэрозионных групп культур изменялась по годам при слабовыраженных или невыраженных трендах, соответственно изменялись и значения агроэрозионных индексов, но коэффициенты вариации их среднеобластных значений невелики – в пределах 3–10%.

Амплитуда областных значений индекса дождевого стока (Сд) укладывается в $\pm 15\%$. Значительное снижение почвозащитной способности агроценозов при ливневом стоке отмечается лишь на пашнях Дальневосточного экономического района. Связанный с этим рост интенсивности смыва в Амурской области и Приморском крае (на 75 и 28% соответственно) обуславливается резким увеличением площади посевов сои – низкостебельной пропашной культуры (рис. 3). Противоположные тенденции отмечаются на севере Свердловской и Тюменской областей, где индекс (Сд) уменьшился на 15.7 и 23.6% соответственно в связи с ростом доли многолетних трав. Почвозащитная способность агроценозов региона при талом стоке в большинстве областей Уральского и Западно-Сибирского экономических районов заметно снизилась – в Томской, Омской и Кемеровской областях на 25–30%. На остальной территории это снижение слабо или совсем не выражено. Такое изменение почвозащитной способности агроценозов связано с изменением доли многолетних трав и соотношения зерновых сплошного сева с

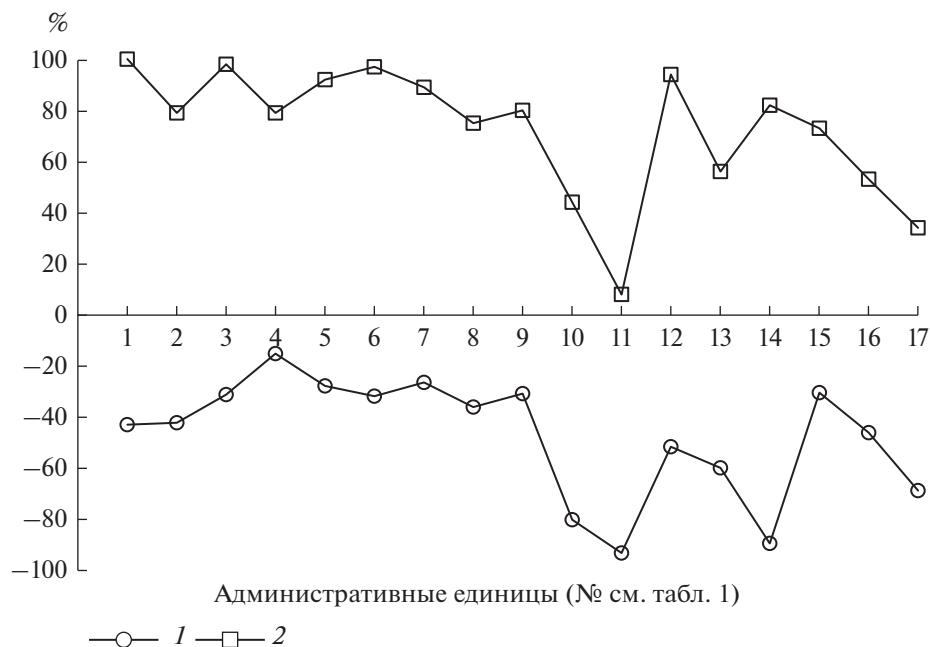


Рис. 2. Соотношение относительной убыли посевных площадей и доли черноземов с серыми лесными почвами в площади обрабатываемой пашни. 1 – убыль площади пашни, % к 1980 г.; 2 – суммарная доля черноземов и серых лесных почв, %.

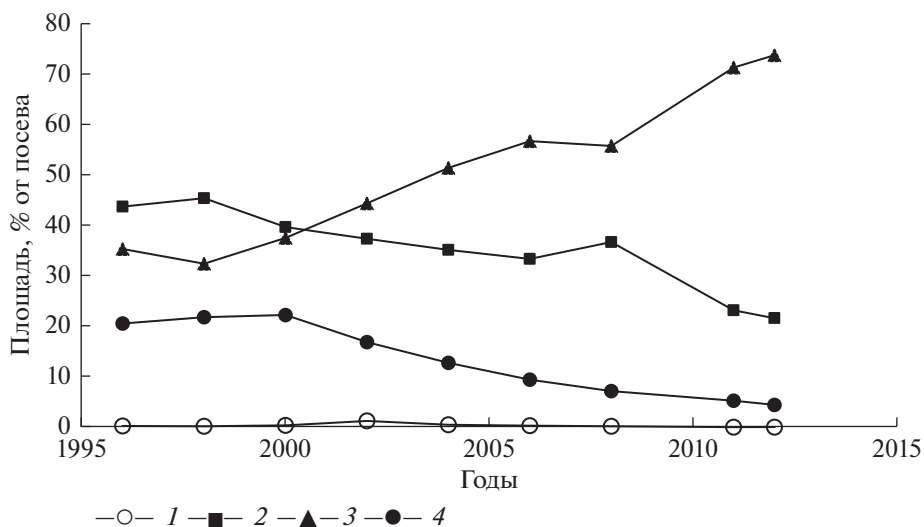


Рис. 3. Динамика структуры посевов Амурской области и Еврейской АО. Агроэрозионные группы культур: 1 – густопокровные озимые; 2 – густопокровные яровые; 3 – пропашные; 4 – многолетние травы.

пропашными культурами. В областях, где за период 1990–2012 гг. заметно выросла доля многолетних трав, среднегодовая почвозащитная способность увеличилась на 11–24%, соответственно увеличилась и почвозащитная способность агроценозов при выпадении ливней (Иркутская, Свердловская, Тюменская области).

Таким образом, незначительные изменения почвозащитных свойств агроценозов, связанные

с консервативностью структуры посевов и способов обработки почвы, обусловили сохранение до-реформенных темпов смыва на обрабатываемой пашне Западной и Восточной Сибири.

Динамика земледельческой эрозии. Сопоставление основных показателей ЗЭП азиатской части освоенной земледелием территории – территориального распределения площадей эродированной пашни, интенсивности смыва почвы и массы

смываемого почвенного субстрата, свидетельствует о существенных изменениях этих параметров на протяжении тридцатилетнего периода. Малая продолжительность этого периода не позволяет статистически достоверно оценить тренды изменения климатических факторов эрозии и учесть их пространственную разнонаправленность [2]. Территориально разнонаправленными и умеренными ($\pm 7-13\%$) оказались изменения интенсивности смыва в сибирских экономических районах в целом (табл. 1).

Сравнительно невелика дифференциация и внутри экономических районов – в среднем областные показатели варьируют от 0 до $\pm 10\%$. В Западной Сибири максимальное снижение интенсивности ЗЭП отмечается в Тюменской (-25%), в Свердловской (-12.5%) областях. Значительный рост средней интенсивности смыва произошел на пашнях Алтайского края – 36.4% . Вероятно, причиной этого послужили не только изменения в почвозащитной способности агроценозов – структура посевов с 1996 г. изменилась незначительно, но и сокращение площадей почвозащитных мероприятий. Максимально возросла интенсивность смыва на пашнях всех трех административных единиц Дальневосточного экономического района – рост на $16-73\%$ по сравнению с 1980 г. Причиной послужил резкий рост доли площадей пропашных культур, прежде всего сои, за счет сокращения доли густопокровных зерновых. При этом в современных посевах Амурской области и Еврейской АО доля густопокровных зерновых уменьшилась до 36% , тогда как доля пропашных составила 46% (рис. 3).

Пространственная дифференциация изменений интенсивности смыва в некоторой степени зависит и от комплекса природных условий. По данным дореформенных повторных почвенно-эрозионных съемок доля смытых почв на пашнях ландшафтных зон Алтайского края изменялась за время земледельческого освоения следующим образом: сухая степь – 0% , засушливая степь – 3.8% , умеренно засушливая степь – 7.6% , средняя степь – 30.9% и луговая степь – 11.8% [24].

Расчеты массы ежегодно смываемого с пахотных склонов почвенного материала на основе учета современных площадей ареала ЗЭП (обрабатываемой пашни) и динамики почвозащитной способности агроценозов показывают, что в пореформенный период произошло ее существенное снижение. В Восточно-Сибирском и в азиатской части Уральского экономических районов масса смытой почвы сократилась на 73 и 44% от массы дореформенного периода соответственно. В Западно-Сибирском и Дальневосточном районах оно заметно меньше – -15 и -11% соответственно. Сопоставление пореформенных показателей убыли площадей обрабатываемой пашни и

динамики интенсивности смыва свидетельствует о преобладающем влиянии на уменьшение массы смываемого почвенного материала сужения пахотного клина. Пространственная вариабельность этого сужения прямо связана с естественным плодородием почв (Восточно-Сибирский и Дальневосточный экономические районы) и степенью засушливости территории. Анализ данных объема смыва по административным областям показывает аналогичные причинные связи, за исключением случаев существенного роста интенсивности смыва, вызванного антропогенными факторами. Так, масса смываемого со склонов почвенного материала увеличилась по сравнению с дореформенным периодом в Амурской области и в Алтайском крае в связи с изменениями структуры посевных площадей и агротехники.

Пространственное распределение динамики массы смыва почвенного материала в европейской части России демонстрирует ее тесную связь с ландшафтной зональностью [19]. В азиатской части благодаря “узости” ландшафтных зон территория большинства административных единиц, в том числе и освоенная земледелием, включает части нескольких ландшафтных зон. Это затрудняет поиск подобных закономерностей на основе анализа областных показателей. Тем не менее, очевидно, что самая большая убыль смываемого почвенного материала произошла в степных республиках Бурятия и Тыва – 73 и 90% , где доля каштановых почв от площади пашни также максимальна для всего региона – 39 и 67% соответственно. Большая убыль массы смыва в Забайкальском крае также отчасти связана с расположением пашни в основном в пределах ландшафтов степной зоны [26]. Доля каштановых почв составляет здесь 12% площади пашни, а климатический индекс биологической продуктивности почв почвенной провинции ($60-67$ ед.) минимален для зоны степей [26]. Большое снижение массы смыва отмечается и в Иркутской области, где доля дерново-подзолистых почв лесной зоны с малым естественным плодородием составляет 35% площади пашни.

Таким образом, в динамике земледельческой эрозии почв азиатской части России в ряду природно-антропогенных факторов, значимое место занимают пространственные различия естественного плодородия почв и засушливости территории. Эти различия сказываются на масштабах убыли площади обрабатываемой пашни, и, следовательно, на уменьшении массы смываемого почвенного материала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пространственному распределению земледельческой эрозии почв и ее природно-антропогенных факторов в Сибири дореформенного периода по-

священы фундаментальные труды А.Д. Орлова, Р.С. Ковалевой, А.А. Танасиенко, В.В. Реймхе, О.И. Баженовой. Основой исследования географических закономерностей ЗЭП и ее факторов служили данные о распространении эродированных почв, что дает возможность объективно оценивать ЗЭП суммарно за весь период земледельческого освоения. Стационарные наблюдения эрозии почв и склонового стока, позволяющие непосредственно оценивать современную динамику интенсивности ЗЭП, в азиатской части России единичны [3, 10, 14, 32, 34 и др.]. В этих обстоятельствах для оценки современного состояния чрезвычайно динамичных процессов эрозии почв использование методов логико-математического моделирования представляется безальтернативным. Имеется и опыт применения подобных методов в регионе (с некоторой верификацией результатов) при оценках эрозии почв в дореформенный период [2, 18, 28].

Главным эрозионно-значимым последствием социально-экономических преобразований сельского хозяйства явилось масштабное территориально дифференцированное сокращение площади обрабатываемой пашни – ареала земледельческой эрозии почв, составившее по административным областям от 30 до 90% от пашни дореформенного периода (1980–1990 гг.). При этом абсолютная убыль пашни (перевод ее в другие категории угодий и земель) в большинстве административных единиц не превышает первого десятка процентов. Весомой причиной территориальной дифференциации этого явления послужили различия в естественном плодородии почв и степени засушливости территорий.

Некоторое влияние на динамику интенсивности ЗЭП оказали пореформенные изменения почвозащитной способности агроценозов. Структура посевов, в основном определяющая эту способность, оказалась достаточно консервативным элементом почвенно-эрозионных систем. В результате незначительные изменения претерпела интенсивность смыва почв. В большинстве административных областей региона они не превышают первых процентов. Контрастом служат лишь пашни Дальневосточного экономического района, где резкое увеличение доли пропашных культур (сои) увеличило интенсивность ЗЭП на 44% от дореформенной, максимально в Амурской области – на 73%.

Масса ежегодно сносимого водой с пахотных склонов почвенного материала в пореформенный период (2010–2017 г.) существенно уменьшилась во всех административных субъектах азиатской части России. Максимально это выражено в Восточно-Сибирском экономическом районе – на 80–90% в Забайкальском крае, республиках Тыва и Бурятия. Превалирующим фактором явилось сокращение площадей обрабатываемой

пашни. Увеличение массы смываемого субстрата отмечены только для территории со значительным ростом интенсивности смыва (Амурская область, Алтайский край).

В настоящее время наметилась тенденция к стабилизации антропогенных факторов ЗЭП, прежде всего, площадей обрабатываемой пашни. В то же время пространственно-временная изменчивость климатических факторов нуждается в статистически достоверных определениях и оценках. Прежде всего это относится к оценке трендов эрозионного потенциала дождя и осадков холодного периода в связи с недостаточной продолжительностью рядов метеорологических наблюдений.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена по плану НИР (ГЗ) Научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов имени Н.И. Маккавеева.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Амшеев Р.М., Мордвинов А.В.* Солнечные ритмы урожайности зерновых культур в Бурятии // География и природные ресурсы. 2004. № 4. С. 145–147.
2. *Баженова О.И.* Современная денудация предгорных степных равнин Сибири. Новосибирск: Академическое изд-во “Гео”, 2018. 259 с.
3. *Баженова О.И., Любцова Е.М., Рыжов Ю.В., Макаров С.А.* Пространственно-временной анализ динамики эрозионных процессов на юге Восточной Сибири. Новосибирск: Наука, Сиб. предприятие РАН, 1997. 208 с.
4. *Барабанов А.Т.* Агролесомелиорация в почвозащитном земледелии. Волгоград, 1993. 156 с.
5. *Боровая С.А., Синельников Э.П., Слабко Ю.И.* Азотное состояние пахотных почв Приморского края периода повышенной интенсификации сельскохозяйственного производства // Вестник КрасГАУ. 2013. № 6. С. 41–46.
6. *Булгаков Д.С., Рухович Д.И., Шишконокова Е.А., Вильчевская Е.В.* Использование почвенно-агроклиматического индекса при оценке агрономического потенциала пахотных земель в лесостепной зоне России // Почвоведение. 2018. № 4. С. 473–485.
7. *Воронкова О.Ю.* Эколого-экономические перспективы вовлечения в сельскохозяйственный оборот залежных и неиспользуемых земельных ресурсов Алтайского края // Агропродовольственная политика России. 2014. № 8(32). С. 24–27.
8. *Голосов В.Н.* Эрозионно-аккумулятивные процессы в речных бассейнах освоенных равнин. М.: ГЕОС, 2006. 296 с.

9. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2016 г. М.: ФГБНУ “Росинформагротех”, 2018. 240 с.
10. *Евсеева Н.С., Петров А.И., Каширо М.А., Квасникова З.Н., Батманова А.С., Кириченко Е.А.* Расчетные и натуральные определения интенсивности эрозии почв от талых снеговых вод // XXXVI пленум Геоморфологической комиссии Российской академии наук. Барнаул, 2018. С. 152–159.
11. *Зинченко Г.С., Суторихин И.А., Безуглова Н.Н.* Многолетние колебания температуры воздуха и атмосферных осадков в Алтайском крае // География и природные ресурсы. 2004. № 4. С. 142–144.
12. Инструкция по определению расчетных гидрологических характеристик при проектировании противоэрозионных мероприятий на Европейской территории СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 62 с.
13. *Кирюхина З.П., Пацукевич З.В.* Эродируемость пахотных почв России в период ливневого стока // Почвоведение. 2001. № 9. С. 1140–1146.
14. *Ковалева Р.С., Танасиенко А.А., Путилин А.Ф.* Склоновый сток талых вод на пахотных почвах лесостепи Западной Сибири // Почвоведение. 1998. № 6. С. 719–726.
15. *Кузнецов М.С., Глазунов Г.П.* Эрозия и охрана почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1996. 335 с.
16. *Ларионов Г.А.* Эрозия и дефляция почв: основные закономерности и количественные оценки. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993. 200 с.
17. *Лисецкий Ф.Н., Светличный А.А., Черный С.Г.* Современные проблемы эрозиоведения. Белгород: Константа, 2012. 456 с.
18. *Литвин Л.Ф.* География эрозии почв сельскохозяйственных земель России. М.: ИКЦ “Академкнига”, 2002. 255 с.
19. *Литвин Л.Ф., Кирюхина З.П., Краснов С.Ф., Добровольская Н.Г.* География динамики земельной эрозии почв Европейской территории России // Почвоведение. 2017. № 11. С. 1390–1400. <https://doi.org/10.7868/S0032180X17110089>
20. *Литвин Л.Ф., Краснов С.Ф., Добровольская Н.Г.* Пространственно-временные аспекты оценки эрозионного потенциала дождевых осадков // Эрозионные и русловые процессы. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001. Вып. 3. С. 8–17.
21. *Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Денисенко Е.А., Нефедова Т.Г.* Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. М.: ГЕОС, 2010. 416 с.
22. *Макенова С.К., Степанов А.Ф.* Динамика формирования структуры землепользования северной зоны Омской области // Омский научный вестник. Сер. Ресурсы земли. Человек. 2013. № 1(118). С. 252–256.
23. *Макенова С.К., Филиппова Т.А.* Исторический аспект формирования структуры землепользования лесостепной зоны Омской области // Омский научный вестник. 2015. № 2(144). С. 160–164.
24. *Морковкин Г.Г., Байкалова Т.В., Максимова Н.Б., Овцинов В.И., Литвиненко Е.А., Демина И.В., Демина В.А.* Динамика состояния почвенного покрова и показателей плодородия почв основных природно-почвенных зон Алтайского края // Вестник алтайской науки. 2015. № 1. С. 212–222.
25. Общесоюзная инструкция по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользования. М.: Колос, 1973. 95 с.
26. Природно-сельскохозяйственное районирование земельного фонда СССР [Карты]. (сост. и подгот. к печати ПКО “Картография” ГУГК в 1984 г.; спец. содерж. разработ. по плану НИР Гос. НИИ зем. ресурсов; ред. Дюжева Т.С.). М.: ГУГК, 1984. 1 л. + текст (4 с.).
27. *Реймхе В.В.* Эрозионные процессы в лесостепных ландшафтах Забайкалья. Новосибирск: Наука, 1986. 121 с.
28. *Рыжов Ю.В.* Формирование оврагов на юге Восточной Сибири. Новосибирск: Академическое изд-во “Гео”, 2015. 180 с.
29. Сибирь и Великая Сибирская железная дорога: с приложением карты Сибири. М-во финансов, Департамент торговли и мануфактур. СПб.: Типография. И.А. Ефрона, 1896. 283 с.
30. *Силаев А.В.* Картографический анализ состояния селитебных и распаханых территорий Тункинской котловины за последнее столетие // Вестник ИрГТУ. 2013. № 2. С. 80–84.
31. *Сурмач Г.П.* Рельефообразование, формирование лесостепи, современная эрозия и противоэрозионные мероприятия. Волгоград, 1992. 174 с.
32. *Танасиенко А.А., Чумбаев А.С., Якутина О.П., Филимонова Д.А.* Весенний дефицит влаги в профиле эродированных черноземов в зависимости от увлажнения территории юго-востока Западной Сибири // Почвоведение. 2019. № 8. С. 935–945.
33. Федеральная служба государственной статистики. 1996–2012 гг. (<http://www.gks.ru>).
34. *Хмелев В.А., Танасиенко А.А.* Земельные ресурсы Новосибирской области и пути их рационального использования. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. 349 с.
35. *Чебоचाков Е.Я.* Развитие систем земледелия на юге Средней Сибири: уроки и проблемы // Вестник КрасГАУ. 2013. № 8. С. 85–89.
36. *Швебс Г.И.* Теоретические основы эрозиоведения. Киев-Одесса: Вища школа, Головное изд-во, 1981. 224 с.
37. *Якутина О.П., Назарюк В.М.* Оценка плодородия эродированных почв юга Западной Сибири // Агрохимия. 2007. № 11. С. 10–20.
38. Climatological normals (CLINO) for the period 1961–1990. World Meteorological Organization Document WMO/OMM. 1996. No. 847, Geneva also in WMO Global Standard Normals (DSI-9641A). Digital data set available from the National Climatic Data Center (NCDC) at <http://ols.nndc.noaa.gov/plolstore/plsql/olstore.prodspecific?prodnum=C00058-CDR-A0001>
39. *FAO and ITPS.* Status of the World’s Soil Resources (SWSR) – Main Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils. Rome, Italy. 2015. 607 p.

40. *Ioffe G., Nefedova T.* Marginal farmland in European Russia // *Eurasian Geography and Economics*. 2004. V. 45. № 1. P. 31–45.
41. *Meyfroidt P., Schierhorn F., Prishchepov A.V., Muller D., Kuemmerle T.* Drivers, constraints and trade-offs associated with recultivating abandoned cropland in Russia, Ukraine and Kazakhstan // *Global Environmental Change*. 2016. V. 37. P. 1–15.
42. *Wischmeier W.H., Smith D.D.* Predicting Rainfall Erosion Losses – A Guide to Conservation Planning. USDA Agriculture Handbook No. 537. USDA, Washington, DC. 1978. 58 p.

Dynamics of Agricultural Soil Erosion in Siberia and Far East

L. F. Litvin¹, Z. P. Kiryukhina¹, S. F. Krasnov¹, N. G. Dobrovol'skaya¹, and A. V. Gorobets^{1,*}

¹*Lomonosov Moscow State University, Moscow, 119991 Russia*

**e-mail: GorobetsAV@geogr.msu.ru*

Socioeconomic reforms in agrarian sector together with the climate change induce spatial changes in anthropogenic factors of agricultural soil erosion pattern and soil erosion itself in the Asian part of Russia. Comparison of pre- and post-reform quantitative parameters of erosion rate and soil loss from arable slopes was performed using logical-mathematical erosion models within different administrative regions of the Asian part of Russia. Significant spatially-differentiated decrease of annual soil loss from arable slopes was revealed in most of the administrative regions, except for Altai Krai and Amur Oblast. On the arable lands of other administrative regions, the decrease ranged from 25 to 50 percent compared to soil loss in the period of 1960–1990. The maximum decrease was observed in aridic landscapes of republics of Tyva, Buryatiya and Zabaykalskii Krai (–73–93%). Spatial changes of erosion rate are less prominent on land currently under cultivation: significant growth was observed only in the Far East economic region. The main driver of the post-reform dynamics of agricultural erosion was the countrywide decrease of cropland area and the change in the soil-protecting capacity of agrocenoses.

Keywords: soil erosion, dynamics of factors, erosion rate, soil loss, cropland, unsown plowland, fallow