

УДК 551.506.3

РАЗВИТИЕ ОСНОВНЫХ НАУЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ НА КАФЕДРЕ ЭРОЗИИ И ОХРАНЫ ПОЧВ ФАКУЛЬТЕТА ПОЧВОВЕДЕНИЯ МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА

О.А. Макаров^{1,2,3*}, В.В. Демидов¹, П.С. Шульга¹, Д.В. Карпова¹,
Д.Р. Абдулханова¹, Н.А. Марахова^{1,3}

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, факультет почвоведения
²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Учебно-опытный почвенно-экологический центр (УО ПЭЦ)

³Аграрный центр МГУ (Евразийский центр по продовольственной безопасности)

**oa_makarov@mail.ru*

Поступила в редакцию 16.11.2025

После доработки 24.11.2025

Принята к публикации 04.12.2025

Аннотация. На кафедре эрозии и охраны почв факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова сложились основные научные направления — «Оценка эрозионных процессов в почвах различных биоклиматических зон», «Изучение основ устойчивого землепользования» и «Эколого-экономическая оценка деградации почв и земель». В статье рассматривается развитие существующих направлений научных исследований с определенной корректировкой их названий и проблематики («Анализ и моделирование эрозионных процессов в почвах, в том числе в условиях изменения климата», «Развитие концепции устойчивого землепользования в контексте проблемы продовольственной безопасности», «Экология, экономика и социально-демографические особенности землепользования в условиях изменения климата и деградации почв»), а также новых направлений, имеющих некоторую исследовательскую историю на кафедре, — «Разработка принципов охраны почв», «Разработка методологических основ рекультивации земель». Особенно подробно рассмотрена необходимость создания целостной концепции охраны почв. Эта концепция должна включать в себя и формулирование правовых (законодательных и нормативно-методических) принципов охраны почв, и определение критериев оценки почв, при которых их охрана может осуществляться, и разработку систем охраны почв, прежде всего, от проявления эрозионных процессов, в различных биоклиматических и административно-территориальных условиях.

Ключевые слова: деградация почв, охрана почв, устойчивое землепользование, эколого-экономическая оценка, рекультивация земель

DOI: <https://doi.org/10.71367/3034-4638-2025-4-4-8-21>

ВВЕДЕНИЕ

Начало исследованиям почвоведов Московского университета в области эрозии почв было положено доктором геолого-минералогических наук, профессором, заведующим кафедрой физики и мелиорации почв Н.А. Качинским в 70-х гг. прошлого века. Под его руководством А.Д. Воронин, М.С. Кузнецов (рис. 1) и В.Я. Григорьев приступили к изучению противоэрозионной стойкости почв. На основе изучения зависимости интенсивности смыва почвы от скорости движения воды был разработан новый

метод определения количественного показателя противоэрозионной стойкости почв — критической (размывающей) скорости потока, а также исследована связь противоэрозионной стойкости почв с другими их свойствами: водопрочностью структуры, сцеплением, плотностью сложения, гранулометрическим составом, содержанием корней растений и некоторыми другими. Также приблизительно в это же время по инициативе Н.А. Качинского начинаются исследования противодефляционной



Рис. 1. Михаил Сергеевич Кузнецов — основатель кафедры эрозии и охраны почв, профессор, академик РАН

Fig. 1. Mikhail Sergeevich Kuznetsov is the founder of the Department of Soil Erosion and Conservation, a professor, and an academician of the Russian Academy of Sciences

стойкости почв. Исследования в этом направлении были проведены Г.П. Глазуновым на примере предкавказских черноземов.

Таким образом, на кафедре физики и мелиорации почв сложился коллектив сотрудников, активно работающих по эрозионной тематике, организационно оформленный как лаборатория эрозии почв. В этот же период почвоведы из лаборатории эрозии почв совместно с сотрудниками проблемной лаборатории эрозии почв и русловых процессов географического факультета МГУ начинают исследования по прогнозированию и предупреждению ирригационной эрозии почв на территории второй очереди освоения Каршинской степи в Узбекистане. Экспериментальное изучение размывающей для почвы скорости потока, проведенное непосредственно в поливных бороздах, позволило получить результаты, которые были использованы для разработки почвозащитной технологии полива хлопчатника. Основные результаты работы этого периода вошли в монографию М.С. Кузнецова «Противоэрозионная стойкость почв» (1981), где сформулированы положения теории противоэрозионной стойкости почв и результаты ее практического применения при разработке почвозащитной технологии полива по бороздам.

Одновременно на кафедре общего почвоведения по проблеме эрозии почв работало несколько сотрудников под руководством В.П. Лидова. Основными направлениями их работы были классификация, методы картографирования и изучение свойств эродированных дерново-подзолистых почв Нечерноземной зоны РСФСР (Смоленская, Калининская,

Новгородская и Псковская области). Результаты этой работы вошли в монографию В.П. Лидова «Процессы водной эрозии в зоне дерново-подзолистых почв» (1981). Позднее этими исследованиями были охвачены также Костромская и Ярославская области, на территории которых были составлены карты почвенно-эрозионного районирования (В.С. Родионов, В.К. Орлова).

Таким образом, на факультете почвоведения к началу 80-х гг. существовали все необходимые предпосылки для создания кафедры эрозии почв. Кафедра была образована в январе 1982 г., заведующий кафедрой — профессор (с 2013 г. — академик РАН) Михаил Сергеевич Кузнецов.

Сотрудники созданной кафедры продолжили начатые ранее исследования и приступили к разработке ряда новых направлений. В частности, были значительно расширены и углублены исследования противоэрозионной стойкости почв сероземной зоны и разработка почвозащитной технологии полива по бороздам на территории второй очереди освоения Джизакской степи в Узбекистане, в Оби-Киикской долине Таджикистана, изучение почв массивов перспективного орошения на юго-западе Туркмении, а также горных коричневых почв Тянь-Шаня. В результате этих исследований были разработаны методы оценки и картографирования опасности ирригационной эрозии почв при поливе по бороздам, усовершенствована схема расчета элементов почвозащитной технологии полива, количественно оценена эффективность ряда мероприятий и разработаны критерии их оптимизации. Результаты работ вошли в монографии М.С. Кузнецова, В.Я. Григорьева и А.Д. Ким «Ирригационная эрозия почв сероземной зоны и ее предупреждение» (1985), М.С. Кузнецова и О.А. Базарова «Противоэрозионная стойкость горных и предгорных почв Таджикистана» (1993), а также в коллективную монографию «Прогнозирование и предупреждение эрозии почв при орошении» (Григорьев, Краснов, Кузнецов и др., 1992).

В дальнейшем исследования противоэрозионной стойкости почв и разработка элементов почвозащитной технологии полива были продолжены на оросительных системах Молдавии и Украины применительно к орошению дождеванием. Эти исследования проводились совместно с сотрудниками Института почвоведения и фотосинтеза АН СССР. В результате были созданы модель безнапорного впитывания воды почвой и методика расчета допустимой нормы полива дождеванием. Полученные результаты вошли в монографию М.С. Кузнецова, В.Я. Григорьева и К.Ю. Хана «Ирригационная эрозия почв и ее предупреждение при поливах дождеванием» (1990). Работы этого периода

были отмечены первой премией им. В.Р. Вильямса (М.С. Кузнецов, В.Я. Григорьев, А.Д. Ким, 1991), а также золотой, серебряной и пятью бронзовыми медалями ВДНХ.

В 1992 г. по заданию Департамента «Главчернобыль» Минсельхоза России сотрудники кафедры (М.С. Кузнецов, А.Д. Флесс, Е.Н. Есафова) совместно с коллегами из ГНПЦ «Росэкология» (М.М. Пушкарева и др.), Научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева (Л.Ф. Литвин) и Института почвоведения и фотосинтеза РАН (В.В. Демидов) начали исследования по горизонтальной миграции цезия-137 Чернобыльского выброса на юго-западе Брянской области и юге Тульской области. Эти исследования позволили развить новое направление в научно-исследовательской работе кафедры — почвенно-экологическое. Было установлено, что процессы водной эрозии играют важную, а в некоторых случаях — ведущую роль в миграции и аккумуляции цезия-137 в склоновых агроландшафтах. В связи с этим был разработан комплекс противоэрозионных мероприятий, предотвращающий вторичное загрязнение почв радионуклидами. Результаты этой работы изложены в одной из глав коллективной монографии «Структурно-функциональная роль почвы в биосфере», отв. ред. Г.В. Добровольский (1999), а также в монографии М.С. Кузнецова и В.В. Демидова «Эрозия почв лесостепной зоны центральной России: моделирование, предупреждение и экологические последствия» (2002).

В этот же период совместно с кафедрой общегеографического почвоведения и лабораторией эрозии почв и русловых процессов географического факультета МГУ проводились экспедиционные работы на полуострове Ямал. Здесь исследовались эрозионные процессы и противоэрозионная стойкость тундровых почв, что особенно важно в связи с оценкой опасности эрозии почв, нарушенных при разведке и освоении месторождений углеводородов. Результаты этой работы отражены в коллективной монографии «Эрозионные процессы центрального Ямала» (Сидорчук, Баранов и др., 1999), а также в одной из глав коллективной монографии «Деградация и охрана почв», гл. ред. Г.В. Добровольский (2002). М.С. Кузнецов, В.В. Демидов и В.Я. Григорьев участвовали также в экспедиционных работах, проводимых в Китае и Польше.

В 2010 г. изменилось название кафедры: она стала называться «кафедра эрозии и охраны почв». Корректировка названия была обусловлена значительной актуальностью проблемы охраны почв от различных видов деградации, загрязнения и захламления. Изучение охраны почв потребовало

пристального внимания специалистов кафедры к вопросам восстановления (рекультивации) деградированных, загрязненных и захламленных почв. Кроме того, проблема охраны почв тесно связана с вопросами природоохранного и земельного законодательства России.

С 2015 г. на кафедре эрозии и охраны почв, в связи с приходом нового заведующего — доктора биологических наук, профессора Г.С. Куста, стали проводиться исследования опустынивания и деградации земель, устойчивости почв к различным природным и антропогенным воздействиям. В 2017 г. кафедру возглавил доктор биологических наук, профессор О.А. Макаров, областью научных интересов которого являются экономическая и эколого-экономическая оценка деградации почв и земельных ресурсов, экологическое нормирование состояния почв и окружающей природной среды. Начиная с 2020 г. по настоящее время, госбюджетная кафедральная тема (совместно с кафедрой радиоэкологии и экотоксикологии) — «Научно-практические основы и информационное обеспечение устойчивого управления почвенно-земельными ресурсами европейской части РФ», руководитель доктор сельскохозяйственных наук Д.В. Карпова.

Таким образом, на кафедре эрозии и охраны почв проводятся исследования, затрагивающие различные разделы почвоведения (эрозиоведение, нормирование, рекультивация почв) и смежные естественнонаучные дисциплины (экология, геоморфология, биогеохимия, ландшафтоведение, экономика природопользования, экономика сельского хозяйства). В то же время, при всей своей многоплановости, проводимые исследования направлены на разработку концепции устойчивого землепользования в различных биоклиматических условиях при разных видах антропогенного воздействия на территорию.

Целью настоящей статьи является оценка современного состояния и перспектив развития научных направлений на кафедре эрозии и охраны почв факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА КАФЕДРЕ ЭРОЗИИ И ОХРАНЫ ПОЧВ В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ

В настоящее время на кафедре эрозии и охраны почв активно развиваются следующие научные направления (рис. 2):

1. Оценка эрозии почв в различных биоклиматических зонах (отв. — профессор, доктор биологических наук В.В. Демидов).

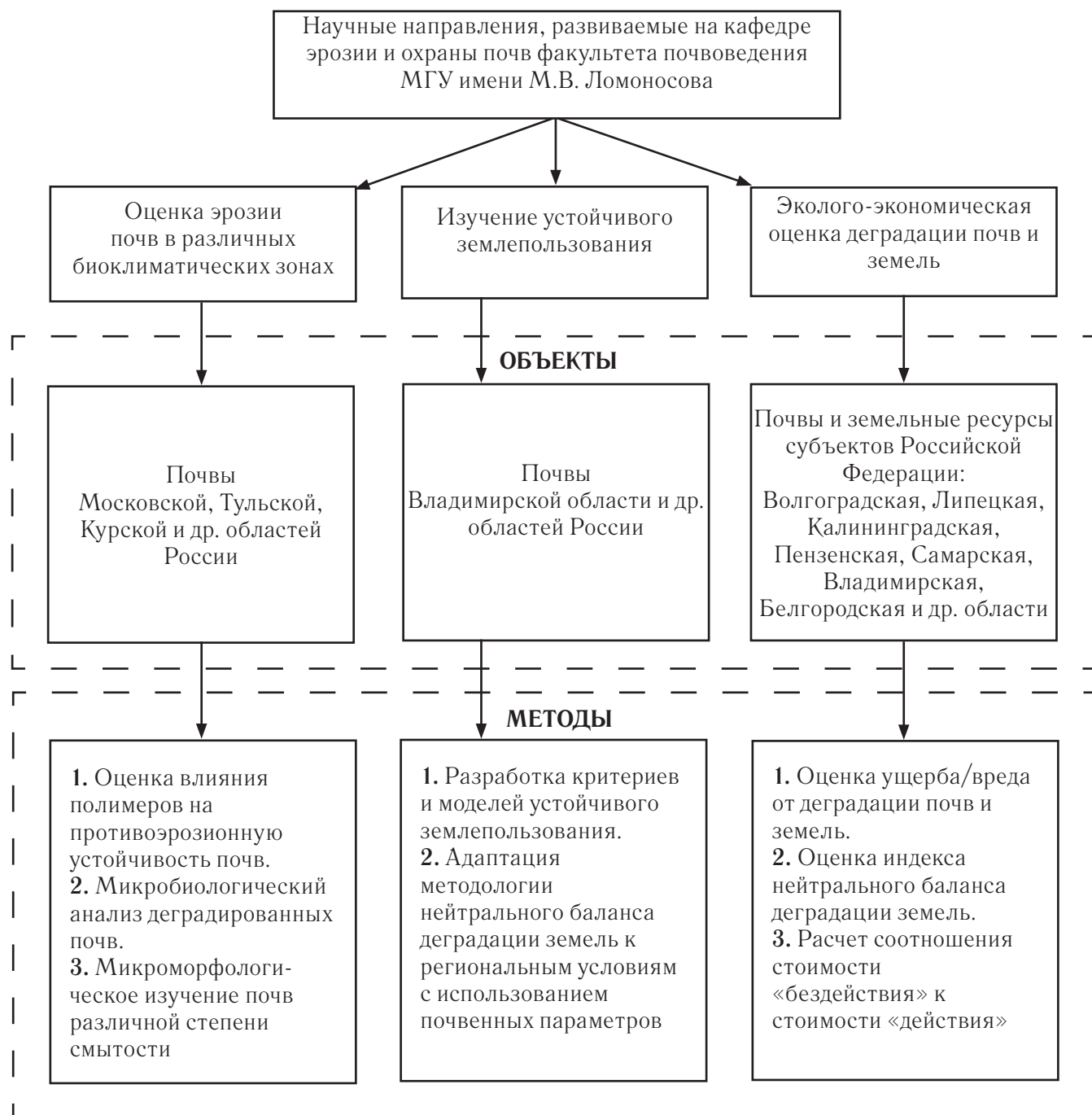


Рис. 2. Научные направления на кафедре эрозии и охраны почв в настоящее время

Fig. 2. Research areas at the Department of Soil Erosion and Conservation

- В рамках указанного направления:
- были составлены и опубликованы в «Национальном атласе почв Российской Федерации» (2011) карты «Распространение эрозии почв» (М.С. Кузнецов, А.Н. Каштанов, М.С. Маречек) и «Региональные типы систем противоэрозионных мероприятий» (М.С. Кузнецов, В.В. Демидов, Е.Н. Есафова, В.Р. Хрисанов);
 - дан прогноз развития эрозионных процессов в центральных районах европейской части России в связи с глобальным изменением климата (А.И. Белолобцев, Д.С. Булгаков, Г.А. Ларионов, Г.В. Данилов, В.В. Демидов «Влияние изменения климата на экологическую устойчивость агроландшафтов» (Глобальные изменения климата..., 2009));

- разработан новый метод определения допустимых экологических пределов эрозии почв на основе данных по их гумусовому состоянию и балансу гумуса;
- предложен принципиально новый подход к математическому описанию процессов снеготаяния, времени оттаивания мерзлой почвы и интенсивности ее смыва в агроландшафтах лесостепной зоны центра России;
- разработана схема расчета и картографирования интенсивности горизонтальной миграции и аккумуляции со смытой почвой цезия-137 Чернобыльского выброса и ее конкретные значения для западной части Брянской и южной части Тульской областей;
- изучено микроморфологическое строение и микробиологические свойства почв различной степени смытости;
- изучается влияние полимеров-структурообразователей на изменение противоэрозионной и противодефляционной устойчивости почв различных биоклиматических зон.

За последнее время были опубликованы монографии и учебные пособия, посвященные тематике эрозии почв, — В.В. Демидов «Закономерности формирования эрозионных процессов при снеготаянии в лесостепной зоне центральной России: Теория и экспериментальные исследования» (2016), М.С. Кузнецов, Г.П. Глазунов «Эрозия и охрана почв» (2019), В.В. Демидов, О.А. Макаров «Физические основы эрозии почв: механизм, закономерности проявления и прогнозирования» (2021).

По эрозиоведческой проблематике была успешно защищена диссертационная работа О.О. Плотниковой (2021) — «Роль транспортирующей способности водных потоков в изменении некоторых свойств поверхностных горизонтов эродированных черноземов типичных (на примере Курской области)».

2. *Изучение основ устойчивого землепользования (отв. — ведущий научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук Д.В. Карпова).*

При проведении исследований в пределах этого направления:

- разработаны критерии, показатели и модели устойчивого землепользования ряда регионов России и СНГ;
- проводится диагностика нейтральной («нулевой») деградации земель по почвенным параметрам.

По проблематике исследования устойчивого землепользования вышли достаточно подробные работы (Строков и др., 2020; Макаров и др., 2023). В этих исследованиях было установлено особое значение показателя соотношения стоимости

«бездействия» и стоимости «действия», используемого в методике экономики деградации земель, как одного из основных критериев устойчивости землепользования. Данный показатель учитывает величину ущерба от деградации, характеризует прогноз на проведение рекультивационных мероприятий для определенного горизонта планирования и предусматривает определение выполнения почвами и землями экосистемных сервисов (услуг).

3. *Эколого-экономическая оценка деградации почв и земель (отв. — заведующий кафедрой, профессор О.А. Макаров).*

Указанное направление включило в себя следующие виды работ:

- разработаны методологические принципы эколого-экономической оценки деградации земель на различных иерархических уровнях административно-хозяйственного устройства государства (на каждом уровне применяется свой набор методов исследования экономики деградации земель) (Эколого-экономическая оценка деградации земель, 2016):

а) на локальном уровне (уровень отдельного хозяйства, главным образом, аграрного);

б) на региональном уровне (уровень субъекта Российской Федерации), уровне федерального округа, уровне страны;

- созданы новые направления экономики деградации земель:

1) концепция «справедливой стоимости» земель (стоимости, которая, в первую очередь, зависит от таких базовых свойств земельного участка, как плодородие почв и, в меньшей степени, определяется колебаниями рынка спекулятивного характера) («Справедливая» экономика землепользования, 2018);

2) положение о «нулевой почве» и «собственной стоимости» почв;

3) социально-экономическая оценка деградации земель.

За последнее время были опубликованы следующие монографии и учебные пособия, посвященные проблематике эколого-экономической оценки деградации почв и земель:

- Макаров О.А., Савватеева О.А., Каманина И.З., Нисифорова И.А. «Проблемы оценки экологических рисков для окружающей среды и населения» (2014) (в учебном пособии рассмотрены различные подходы к оценке экологического риска в мире и России, представлена математическая основа, законодательная, нормативно-методическая база и информационная поддержка оценки риска);

- «Эколого-экономическая оценка деградации земель» под редакцией Яковлева А.С., Макарова О.А., Киселева С.В., Молчанова Э.Н. и др. (2016) (в монографии изложены методологические принципы эколого-экономической оценки деградации земель. Эти принципы апробированы для различных уровней административно-территориальной организации России – отдельных агрохозяйств, субъектов Федерации, федеральных округов, страны в целом);
- «Экономика деградации земель и продовольственная безопасность регионов России» под редакцией Макарова О.А. (2022) (в монографии изложены различные концепции эколого-экономической оценки земель и результаты их апробации для различных регионов европейской территории России – Белгородской, Волгоградской, Калининградской, Пензенской, Самарской и Владимирской областей);
- Макаров О.А. «Почвы, почвенные ресурсы и устойчивое землепользование: алгоритмы исследования и оценки» (2023) (в монографии обобщены материалы, позволяющие перейти от понимания и оценки качества почв и почвенных ресурсов, их классификации и описания процессов, в них происходящих, к принципам и показателям устойчивого землепользования, опирающегося прежде всего на почвенные характеристики);
- Макаров О.А. «Особенности развития и функционирования почв» (2025) (в монографии предложены подходы, позволяющие под другим углом зрения взглянуть как на устоявшиеся проблемы почвенной науки, так и на относительно новые разработки).

По «оценочной» тематике были успешно защищены диссертационные работы Е.В. Бондаренко (2016) – «Опыт учета экосистемных сервисов почв при оценке деградации земель (на примере УО ПЭЦ МГУ)», А.А. Макарова (2017) – «Опыт оценки риска химического загрязнения городских почв Московского региона», Н.Р. Крючкова (2022) – «Анализ деградации почв и земель сельскохозяйственного назначения субъекта Российской Федерации методами эколого-экономической оценки и моделирования эрозионных процессов (на примере Волгоградской области)», М.Р. Чекина (2024) «Эколого-экономическая оценка деградации почв и земель региона с применением различных методических подходов (на примере Пензенской области)», В.Н. Куделина (2024) «Эколого-экономическая оценка последствий от деградации почв и изменения климата для сель-

ского хозяйства региона Черноземья (на примере Липецкой области)».

Исследования по отмеченным направлениям не только проводятся в соответствии с госбюджетной кафедральной темой, но и финансируются в рамках выполнения различных грантов, в частности:

- «Контроль деградации земель в Евразийском регионе» (грант РНФ 14-38-00023, 2014–2016 гг.), «Научно-техническое сотрудничество Россия – АСЕАН по разработке и применению инновационных технологий земледелия с целью повышения устойчивости агроэкологических систем» (Договор между МГУ и вузами стран АСЕАН 35/04-07-2017, 2017–2019 гг.);
- «Эколого-экономическая оценка последствий для сельского хозяйства России от деградации земель и изменения климата» (грант РФФИ 18-010-00775 А, 2018–2020 гг.);
- «Экономика деградации земель и продовольственная безопасность регионов России» (грант РФФИ 19-29-05021 мк, 2019–2022 гг.);
- «Оценка ущерба от водной эрозии на территории Волгоградской области» (грант РФФИ 20-34-90164 Аспиранты, 2020–2022 гг.);
- «Разработка и применение инновационных почвенных мелиорантов для повышения продуктивности и предотвращения деградации аридных земель» (грант Министерства науки и высшего образования РФ 075-15-2022-1212, 2022–2024 гг.).

Тематика указанных грантов РНФ и РФФИ в значительной степени связана с эколого-экономической оценкой деградации почв и земель субъектов Российской Федерации (научное направление, возглавляемое профессором О.А. Макаровым). Грант Министерства науки и высшего образования РФ посвящен изучению влияния полимеров-структурообразователей на повышение противоэрозионной и противодефляционной устойчивости почв (научное направление, возглавляемое профессором В.В. Демидовым).

Сотрудниками кафедры получено 19 патентов на лабораторное оборудование и способы рекультивации земель.

Разумеется, проводимые научные исследования являются фундаментом для постоянного повышения уровня преподавания: преподаватели кафедры эрозии и охраны почв ведут ряд общих учебных курсов при подготовке студентов в бакалавриате по двум направлениям обучения – «Эрозия и охрана почв», «Оценка земельных ресурсов», «Почвозащитные системы земледелия и охраны почв», «Гидрология». Для студентов 1-го курса обоих направлений сотрудниками кафедры проводится общефакультетская

«Учебная почвенно-экологическая практика по устойчивому землепользованию», а также учебная практика «Физика почв с основами эрозии почв» для студентов 2-го курса, обучающихся по направлению «Почвоведение». Кроме того, в последнее время для студентов, обучающихся по профилю подготовки «Физика, мелиорация и эрозия почв» сотрудниками кафедры были созданы и внедрены в учебный процесс новые спецкурсы: «“Справедливая” экономика землепользования» (Макаров О.А.), «Актуальные проблемы охраны почв» (Макаров О.А.).

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА КАФЕДРЕ ЭРОЗИИ И ОХРАНЫ ПОЧВ

Научно-практические основы и информационное обеспечение устойчивого управления почвенно-земельными ресурсами европейской части РФ.

Проблематика планируемых научных исследований в ближайшие годы в значительной степени будет определяться уже упоминавшейся темой, выполняемой в рамках государственного задания МГУ на кафедре эрозии и охраны почв. На данный момент в ходе этих исследований уже выполнены следующие работы:

- выбраны тестовые регионы, расположенные в различных биоклиматических зонах европейской части территории Российской Федерации (Владимирская, Московская, Курская и Белгородская области), и дана характеристика основных процессов деградации почв, протекающих в этих регионах;
- показано, что среди методов эколого-экономической оценки деградации почв и земель самыми распространенными являются определение ущерба/вреда от деградации, подсчет экономической эффективности/выгоды действия/бездействия Й. фон Брауна, определение показателя нейтрального баланса деградации земель (НБДЗ);
- проанализированы имеющиеся и предложены собственные показатели/индикаторы деградации почв и земель в природных и антропогенных ландшафтах;
- проведена цифровизация результатов мониторинговых исследований процессов деградации почв в различных регионах европейской части РФ (что позволит дополнить имеющееся информационное обеспечение устойчивого управления почвенно-земельными ресурсами);
- разработаны основные требования к созданию технологий устойчивого землепользования в условиях

различных видов деградации почвенно-земельных ресурсов регионов ЕЧ РФ;

- разработана методология оценки продовольственной безопасности как одного из важнейших разделов концепции устойчивого управления почвенно-земельными ресурсами.

В настоящее время по теме госзадания проводится анализ взаимосвязи продовольственной безопасности и деградации земель в центральных регионах России, обобщаются передовые практики землепользования, предотвращающие деградацию почв и земель в различных регионах ЕЧ РФ, и разрабатываются рекомендации по устойчивому управлению земельными ресурсами.

Охрана почв.

Отдельным направлением научного развития кафедры предполагается сделать разработку целостной концепции **охраны почв**. Указанная концепция должна включать в себя и формулирование правовых (законодательных и нормативно-методических) принципов охраны почв, и определение критериев оценки почв, при которых их охрана должна осуществляться, и разработку систем охраны почв (прежде всего — от проявления эрозионных процессов) в различных биоклиматических и административно-территориальных условиях. Действующий в настоящее время Земельный кодекс Российской Федерации (№ 136-ФЗ от 25 октября 2001 г., ред. от 28.04.2023) содержит главу II «Охрана земель», где в статье 12 определены следующие цели охраны земель: «предотвращение и ликвидация загрязнения, истощения, деградации, порчи, уничтожения земель и почв и иного негативного воздействия на земли и почвы, а также обеспечение рационального использования земель, в том числе для восстановления плодородия почв на землях сельскохозяйственного назначения и улучшения земель».

Как известно, проект Федерального закона «Об охране почв» был подготовлен еще в начале 90-х гг. XX в., однако, к сожалению, до сих пор данный закон не принят, что является следствием нежелания Правительства Российской Федерации ставить под удар сложившуюся ресурсно-имущественную систему землепользования («Эколого-экономическая оценка деградации земель», 2016). По нашему мнению, не получается в одном документе (в Земельном кодексе) совмещать функцию ресурсно-имущественного управления и функцию беспристрастной оценки, контроля и охраны почв и земель, поэтому необходим самостоятельный закон в рамках природоохранного законодательства, охраняющий почву и землю в качестве самостоятельных компонентов окружающей среды.

Разработка критериев оценки почв с целью их охраны.

Для создания действенных систем охраны почв необходимо использовать эффективные механизмы оценки качества почвенного покрова. Разумеется, почвоохранные мероприятия необходимо проводить не только в случае резкого ухудшения качества почв (существенных масштабов их деградации, загрязнения, захламления, порчи), но и в целях предотвращения негативных процессов, происходящих с почвами.

Как известно, при оценке различных типов деградации земель применяются модели, описывающие степень «отклонения» от недеградированного (эталонного) состояния (Методические рекомендации..., 1996) и позволяющие определить необратимость причиненных окружающей природной среде (экосистемам) нарушений. Так, в практике природо- и землепользования нередко используется логистическая модель зависимости качества экосистем, в том числе почв, от нагрузки на них (Бельгибаев, 1970; Федоров, 1976; Свирежев, 1987; Гродзинский, 1988; Светлосанов, 1990; Виноградов и др., 1993; Основы ландшафтной экологии..., 1998), проявляющая себя в форме S-образной кривой и описываемая функцией Ричардса (формула (1)):

$$Y(X) = a1 / (1 + b \exp(- |\alpha + \beta X|)) + a0, \quad (1)$$

где $a1$ — координата верхней асимптоты логистической кривой (X_{max}); $a0$ — координата нижней асимптоты (X_{min}), коэффициенты b , α , β описывают положение и крутизну логистической кривой.

Выделение различных качественных состояний (допустимых, предельно допустимых, критических и катастрофических нарушений) экосистемы/почвы, связанных с изменением нагрузки на нее, предлагается проводить путем анализа соответствующих производных, позволяющих четко определить точки перегиба на графике. Так, максимум первой производной dY/dX соответствует центру зоны кризиса или зоны критических нарушений, максимум второй производной d^2Y/dX^2 — центру зоны риска или предельно допустимых нарушений, а минимум последней — центру зоны экологического бедствия или зоны необратимых нарушений. Таким образом, максимум второй производной определяет зону обратимых нарушений в экосистеме/почве, максимум первой производной — зону предельно допустимых нарушений, после которой наступает зона критических (необратимых) нарушений — определяется минимумом второй производной. Для разбиения на ранги качества почв могут быть использованы критические точки на

других аппроксимирующих функциях (Пуассона, Фишера и др.), причем кроме анализа мономерных функций могут быть использованы методы анализа многомерных функций распределения.

Разработанные в Российской Федерации шкалы деградации земель в значительной степени отражают логистическую зависимость качества экосистем/почв от нагрузки на них. Так, пятибалльные шкалы деградации, представленные в Методических рекомендациях (1996), существенным образом соответствуют пятиуровневой критериальной таблице оценки состояния окружающей природной среды, построенной в соответствии с логистической моделью (Макаров, 2002), из чего следует, что только первые две градации почв (недеградированные и слабодеградированные), соответствующие экологической норме (Яковлев, Евдокимова, 2011), могут считаться обратимыми и способными к самовосстановлению при условии снятия причины деградации. Выстраивать целостную систему охраны и восстановления почв необходимо, в первую очередь, для среднедеградированных, сильнодеградированных и очень сильно деградированных (разрушенных) почв, которые нарушены необратимо, и их восстановление до недеградированного состояния возможно только при участии человека (проведение рекультивации). То есть достаточным условием для прекращения деградации почв и земель, состояние которых находится в пределах экологической нормы по оцениваемым параметрам, будет являться устранение факторов (причин) деградационных явлений.

При разработке систем охраны почв, прежде всего, от проявления эрозионных процессов, необходимо соблюдение принципов комплексности, зональности, охвата противоэрозионными мероприятиями одновременно всей территории водосбора, стадийности проектирования (Эрозия и охрана почв, 2019).

Комплексность — принцип проектирования, предполагающий взаимную увязку мероприятий, направленных на предупреждение разных видов эрозии: при дождях, снеготаянии, орошении, а также дефляции. Кроме того, проектные предложения по противоэрозионным и противодефляционным мероприятиям должны быть увязаны с проектами по мелиорации и с инженерными проработками по рекультивации, строительству дорог, водохозяйственных объектов, производственных и жилых массивов, т. е. задачи предупреждения эрозии почв решаются только в комплексе с другими задачами землеустройства.

Зональность, или необходимость полного учета местных условий — важнейший принцип проекти-

рования мероприятий по охране почв от эрозии. Только полный учет факторов эрозии позволяет правильно подобрать мероприятия по ее предупреждению, поскольку одни и те же мероприятия в разных природных условиях приводят к разным результатам. Природная зональность делает невозможным применение единых для всех зон типовых решений при проектировании противоэрозионных и противодефляционных мероприятий.

Стадийность проектирования мероприятий по охране почв от эрозии определяется в процессе ведения этого вида проектирования (как и всех других видов землеустроительного проектирования) методом последовательных приближений: от общего к частному. Выделяются следующие стадии:

- первая стадия — составление генеральной схемы противоэрозионных и противодефляционных мероприятий на область, край или республику (субъект РФ);
- вторая стадия — составление схемы противоэрозионных и противодефляционных мероприятий на ряд взаимосвязанных хозяйств, расположенных на одном водосборе или в одном районе дефляции;
- третья стадия — составление проекта противоэрозионных и противодефляционных мероприятий на отдельное хозяйство;
- четвертая стадия — разработка проектно-сметной документации на строительство гидротехнических сооружений и создание лесных насаждений.

Каждая из стадий проектирования предназначена для решения специфических для нее задач, выполняется особыми методами и отличается специфичным составом.

Рекультивация земель.

Современная система менеджмента почвенных и земельных ресурсов предполагает использование эффективных технологий их воспроизводства и рекультивации. В основу разработки систем рекультивации земель могут быть положены различные способы искусственного воздействия той или иной природы на земельные ресурсы: физические (механические, электрические и т. п.), физико-химические, химические, биологические. В соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 10 июля 2018 г. № 800 «О проведении рекультивации и консервации земель» рекультивация земель «...должна обеспечивать восстановление земель до состояния, пригодного для их использования в соответствии с целевым назначением и разрешенным использованием, путем обеспечения соответствия качества земель нормативам качества окружающей среды и требо-

ваниям законодательства Российской Федерации в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, в отношении земель сельскохозяйственного назначения также нормам и правилам в области обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения, но не ниже показателей состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения...». Соответственно встает задача, особенно на первом этапе рекультивации земель, когда проводятся технические мероприятия (которые могут предусматривать планировку, формирование откосов, снятие поверхностного слоя почвы, нанесение плодородного слоя почвы, устройство гидротехнических и мелиоративных сооружений, захоронение токсичных вскрышных пород, возведение ограждений, а также проведение других работ, создающих необходимые условия для предотвращения деградации земель), — разработать инновационные технологии, направленные, в том числе, на увеличение противоэрозионной/противодефляционной устойчивости поверхности почв и грунтов.

В связи с этим предполагается, что разработка методологических основ рекультивации земель может стать одним из перспективных направлений научного развития кафедры эрозии и охраны почв, тем более что, как было отмечено ранее, сотрудниками кафедры уже получены патенты на проведение различных способов рекультивации земель.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

К настоящему времени на кафедре эрозии и охраны почв, созданной в 1982 г. группой сотрудников лаборатории эрозии почв кафедры физики и мелиорации почв и кафедры общего почвоведения, сложились основные научные направления — «Оценка эрозионных процессов в почвах различных биоклиматических зон» (отв. — профессор, докт. биол. наук В.В. Демидов), «Изучение основ устойчивого землепользования» (отв. — вед. науч. сотр., докт. с.-х. наук Д.В. Карпова) и «Эколого-экономическая оценка деградации почв и земель» (отв. — заведующий кафедрой, профессор О.А. Макаров). Исследования в рамках указанных направлений проводятся на высоком уровне; по результатам исследований подготовлены и изданы монографии и статьи в ведущих отечественных журналах, сотрудниками кафедры получены патенты на лабораторное оборудование для исследования эрозионных процессов и способы рекультивации земель, почвы которых подвержены эрозии.

Предлагается развитие как существующих направлений научных исследований с определен-

ной корректировкой их названий и проблематики («Анализ и моделирование эрозионных процессов в почвах, в том числе в условиях изменения климата», «Развитие концепции устойчивого землепользования в контексте проблемы продовольственной безопасности», «Экология, экономика и социально-демографические особенности землепользования в условиях изменения климата и деградации почв»), так и новых направлений, имеющих некоторую исследовательскую историю на кафедре, — «Разработка принципов охраны почв», «Разработка методологических основ рекультивации земель». Особенно подробно рассмотрена необходимость создания целостной концепции охраны почв. Указанная концепция должна включать в себя и формулирование правовых (законодательных и нормативно-методических) принципов охраны почв, и определение критериев оценки почв, при которых их охрана может осуществляться, и разработку систем охраны почв, прежде всего от проявления эрозионных процессов, в различных биоклиматических и административно-территориальных условиях.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено в рамках государственного задания МГУ имени М.В. Ломоносова (тема № АААА-А21-121012290189-8 «Научно-практические основы и информационное обеспечение устойчивого управления почвенно-земельными ресурсами европейской части РФ»).

ЛИТЕРАТУРА

Белолобцев А.И., Булгаков Д.С., Ларионов Г.А. и др. Влияние изменения климата на экологическую устойчивость агроландшафтов // Глобальные изменения климата и прогноз рисков в сельском хозяйстве России / под ред. А.Л. Иванова, В.И. Кирюшина. М., 2009. С. 233–363.

Бельгибаев М.Е., Долгилевич М.И. О предельно допустимой величине эрозии почв по накоплению гумуса // Труды ВНИАЛМИ. Волгоград. 1970. Вып. 1(61). С. 239–258.

Бондаренко Е.В. Опыт учета экосистемных сервисов при оценке деградации земель (на примере УО ПЭЦ МГУ): автореф. дис. ... канд. биол. наук по специальностям 03.02.13 «Почвоведение» и 03.02.08 «Экология». М., 2016.

Виноградов Б.В. Основы ландшафтной экологии. М.: ГЕОС, 1998, 418 с.

Виноградов Б.В., Орлов В.А., Снакин В.В. Биотические критерии зон экологического бедствия

России // Изв. РАН. Сер. география. 1993. № 5. С. 77–89.

Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонов М.Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем. Екатеринбург : Наука : Урал. изд. фирма. 1994. 279 с.

Григорьев В.Я., Краснов С.Ф., Кузнецов М.С. и др. Прогнозирование и предупреждение эрозии почв при орошении / Отв. ред. В.Я. Григорьев. М., 1992. 205 с.

Гродзинский М.Д. Эмпирические и формально-статистические методы определения областей допустимых и нормальных состояний // Научные подходы к определению норм нагрузок на ландшафты. М.: Изд-во МГУ, 1988. С. 215–224.

Демидов В.В. Закономерности формирования эрозионных процессов при снеготаянии в лесостепной зоне центральной России: Теория и экспериментальные исследования. Новосибирск, 2016. 60 с.

Демидов В.В., Макаров О.А. Физические основы эрозии почв: механизм, закономерности проявления и прогнозирования. М., 2021. 192 с.

Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 31.07.2025) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2025).

Крючков Н.Р. Анализ деградации почв и земель сельскохозяйственного назначения субъекта Российской Федерации методами эколого-экономической оценки и моделирования эрозионных процессов: на примере Волгоградской области: дис. ... канд. биол. наук: 1.5.15. (03.02.08); 1.5.19. (03.02.13). М., 2022. 284 с.

Куделин В.Н. Эколого-экономическая оценка последствий от деградации почв и изменения климата для сельского хозяйства региона Черноземья (на примере Липецкой области): автореф. дис. ... канд. биол. наук: 1.5.15 – Экология (Биологические науки). М. 2024. 26 с.

Кузнецов М.С. Противоэрозионная стойкость почв. М., 1981. 135 с.

Кузнецов М.С., Базаров О.А. Противоэрозионная стойкость горных и предгорных почв Таджикистана. Душанбе, 1993.

Кузнецов М.С., Глазунов Г.П. Эрозия и охрана почв: учебник для вузов. М.: Юрайт, 2019. 387с.

Кузнецов М.С., Глазунов Г.П. Эрозия как основной фактор деградации почв // Деградация и охрана почв / Под ред. Г.В. Добровольского. М., 2002. С. 455–482.

Кузнецов М.С., Григорьев В.Я., Ким А.Д. Иригационная эрозия почв сероземной зоны и ее предупреждение / отв. ред. М.Н. Заславский. М.: Наука. 1985. 62 с.

Кузнецов М.С., Григорьев В.Я., Хан К.Ю. Ирригационная эрозия почв и ее предупреждение при поливах дождеванием. М., 1990. 118 с.

Кузнецов М.С., Демидов В.В. Эрозия почв лесостепной зоны центральной России: моделирование, предупреждение и экологические последствия. М.: ПОЛТЕКС, 2002. 183 с.

Кузнецов М.С., Добровольская Н.Г., Флесс А.Д. и др. Проблемы эрозии и охраны почв // Структурно-функциональная роль почвы в биосфере / Г.В. Добровольский. М.: ГЕОС, 1999. С. 216–227.

Лидов В.П. Процессы водной эрозии в зоне дерново-подзолистых почв. М., 1981. 168 с.

Макаров А.А. Опыт оценки риска химического загрязнения городских почв Московского региона: дис. ... канд. биол. наук : 03.02.13 : 03.02.08. М., 2017. 151 с.

Макаров О.А. Особенности развития и функционирования почв. М.: ООО МАКС Пресс, 2025. 174 с.

Макаров О.А. Почвы, почвенные ресурсы и устойчивое землепользование: алгоритмы исследования и оценки. М.: ООО МАКС Пресс. 2023. 156 с.

Макаров О.А. Состояние почв как объект экологического нормирования окружающей природной среды. Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 2002. 46 с.

Макаров О.А., Абдулханова Д.Р., Балджиев А.С. и др. Экономика деградации земель и продовольственная безопасность регионов России / Под ред. О.А. Макарова. М.: МАКС Пресс. 2022. 320 с.

Макаров О.А., Кузнецов М.С., Карпова Д.В. и др. Экологические и экономические показатели устойчивого землепользования/устойчивого управления земельными ресурсами // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2023. № 1. С. 84–92.

Макаров О.А., Савватеева О.А., Каманина И.З. и др. / Проблемы оценки экологических рисков для окружающей среды и населения. М.: МАКС Пресс. 2014. 288 с.

Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель / А.С. Яковлев, В.Н. Шептухов, Ю.М. Матвеев и др. // Сборник нормативных актов «Охрана почв». М.: РЭФИА. 1996. С. 174–198.

Национальный атлас почв Российской Федерации / Под общ. ред. С.А. Шобы. М., 2011. 631 с.

Плотникова О.О. Роль транспортирующей способности водных потоков в изменении некоторых свойств поверхностных горизонтов эродированных черноземов типичных: на примере Курской области : дис. ... канд. биол. наук : 03.02.13. М., 2020. 134 с.

Постановление Правительства РФ от 10.06.2018 № 800 «О проведении рекультивации и консер-

вации земель» [Электронный ресурс]: Официальный интернет-портал правовой информации. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201807120031> (Дата обращения: 01.10.2025).

Светлосанов В.А. Устойчивость и стабильность природных экосистем (модельный аспект). Т. 8. Теоретические и общие вопросы географии. Сер. Итоги науки и техники. М.: ВИНТИ РАН, 1990. 200 с.

Свирижев Ю.М. Нелинейные волны, диссипативные структуры и катастрофы в экологии. М.: Наука, 1987. 368 с.

Сидорчук А.Ю., Баранов А.В. и др. Эрозионные процессы Центрального Ямала. СПб., 1999. 349 с.

Строков А.С., Макаров О.А., Цветнов Е.В. и др. Методология управления устойчивым развитием сельского хозяйства в условиях деградации почв и изменения климата // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 5. С. 82–87.

Чекин М.Р. Эколого-экономическая оценка деградации почв и земель региона с применением различных методических подходов (на примере Пензенской области): специальность 1.5.15 «Экология», 1.5.11 «Микробиология»: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2024. 27 с.

Шоба С.А., Макаров О.А., Абдулханова Д.Р. и др. «Справедливая» экономика землепользования: учебное пособие / Под ред. С.А. Шобы и О.А. Макарова. М.: МАКС Пресс, 2018. 196 с.

Яковлев А.С., Евдокимова М.В. Экологическое нормирование почв и управление их качеством // Почвоведение. 2011. № 5. С. 582–596.

Яковлев А.С., Макаров О.А., Киселев С.В. и др. Эколого-экономическая оценка деградации земель. М.: МАКС Пресс, 2016. 256 с.

ОБ АВТОРАХ

Макаров Олег Анатольевич, докт. биол. наук, зав. кафедрой эрозии и охраны почв факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова, e-mail: oa_makarov@mail.ru

Демидов Валерий Витальевич, докт. биол. наук, профессор кафедры эрозии и охраны почв факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова, e-mail: demidov951@yandex.ru

Карпова Дина Вячеславовна, докт. с.-х. наук, вед. науч. сотр. кафедры эрозии и охраны почв факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова, e-mail: karpovad@mail.ru

Шульга Павел Станиславович, канд. с.-х. наук, доцент кафедры эрозии и охраны почв факультета

почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова,
e-mail: shulgaps@yandex.ru
Абдулханова Дина Рафиковна, мл. науч. сотр.
кафедры эрозии и охраны почв факультета почво-
ведения МГУ имени М.В. Ломоносова,
e-mail: dina_msu@mail.ru

Марахова Нина Алексеевна, инженер 1 кате-
гории кафедры радиоэкологии и экотоксикологии
факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломо-
носова

DEVELOPMENT OF THE MAIN SCIENTIFIC DIRECTIONS AT THE DEPARTMENT OF EROSION AND SOIL PROTECTION, FACULTY OF SOIL SCIENCE, LOMONOSOV MOSCOW STATE UNIVERSITY

O.A. Makarov^{1,2,3*}, V.V. Demidov¹, P.S. Shulga¹, D.V. Karpova¹, D.R. Abdulkhanova¹,
N.A. Marakhova^{1,3}

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Soil Science

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Soil Science; Educational Experimental Soil
and Ecological Center

³ Agricultural Center of Moscow State University (Eurasian Center for Food Security)

*oa_makarov@mail.ru

Annotation. The Department of Erosion and Soil Protection of the Faculty of Soil Science of Lomonosov Moscow State University has developed the main research areas – «Assessment of erosion processes in soils of various bioclimatic zones», «Study of the basics of sustainable land use» and «Ecological and economic assessment of soil and land degradation». It is proposed to develop both existing areas of scientific research with a certain adjustment of their names and issues («Analysis and modeling of erosion processes in soils, including in the conditions of climate change», «Development of the concept of sustainable land use in the context of food security», «Ecology, economics and socio-demographic features of land use in the context of climate change and soil degradation»), as well as new areas with some research history at the department — «Development of principles of soil protection», «Development of methodological foundations of land recultivation». The need to create a integrated concept of soil protection is considered in particular detail. This concept should include the formulation of legal (legislative and regulatory-methodological) principles of soil protection, and the definition of criteria for assessing soils under which their protection can be carried out, and the development of soil protection systems, primarily from the manifestation of erosion processes, in various bioclimatic and administrative-territorial conditions.

Keywords: soil degradation, soil protection, sustainable land use, ecological and economic assessment, land recultivation

ACKNOWLEDGEMENTS

The research was carried out within the framework of the state assignment of the Lomonosov Moscow State University (topic no. ААААА-А21-121012290189-8 “Scientific and practical foundations and information support for sustainable management of soil and land resources in the European part of the Russian Federation”).

REFERENCES

Belgibaev M.E., Dolgilevich M.I. On the Maximum Permissible Value of Soil Erosion Based on Humus Accumulation. Proceedings of the All-Russian Scientific Research Institute of Agricultural Microbiology and

Mineralogy. Volgograd, 1970, issue 1(61). P. 239–258. (In Russ.)

Belolyubtsev A.I., Bulgakov D.S., Larionov G.A., et al. The Impact of Climate Change on the Ecological Sustainability of Agricultural Landscapes // Global Climate Change and Risk Forecasts in Russian Agriculture / edited by A.L. Ivanov, V.I. Kiryushin. Moscow, 2009. P. 233–363. (In Russ.)

Bondarenko E.V. Experience in Taking Ecosystem Services into Account in Land Degradation Assessment (using the UO PRC MSU as an Example): Abstract of a PhD Dissertation in Biology. Sciences in the specialties 03.02.13 «Soil Science» and 03.02.08 «Ecology». Moscow, 2016. (In Russ.)

- Chekin M.R. Ecological and Economic Assessment of Soil and Land Degradation in a Region Using Various Methodological Approaches (using the Penza Region as an Example): specialty 1.5.15. «Ecology», 1.5.11 - Microbiology: abstract of a dissertation for the degree of Candidate of Biological Sciences. Moscow, 2024. 27 p. (In Russ.)
- Demidov V.V. Patterns of Formation of Erosion Processes during Snowmelt in the Forest-Steppe Zone of Central Russia: Theory and Experimental Research. Novosibirsk, 2016. 60 p. (In Russ.)
- Demidov V.V., Makarov O.A. Physical Foundations of Soil Erosion: Mechanism, Patterns of Manifestation, and Forecasting. Moscow, 2021. 192 p. (In Russ.)
- Grigoriev V.Ya., Krasnov S.F., Kuznetsov M.S. et al. Forecasting and Prevention of Soil Erosion during Irrigation. Ed. V.Ya. Grigoriev, Moscow, 1992. 205 p. (In Russ.)
- Grodzinsky M.D. Empirical and Formal-Statistical Methods for Determining Areas of Permissible and Normal States // Scientific Approaches to Determining Landscape Load Standards. Moscow: Moscow State University Publishing House, 1988. P. 215–224. (In Russ.)
- Kryuchkov N.R. Analysis of Soil and Agricultural Land Degradation in a Subject of the Russian Federation Using Ecological and Economic Assessment and Erosion Process Modeling Methods: Using the Volgograd Region as an Example: Dissertation ... by Candidate of Biological Sciences: 1.5.15. (February 3, 2008); 1.5.19. (February 3, 2013). Moscow, 2022. 284 p. (In Russ.)
- Kudelin V.N. Ecological and Economic Assessment of the Impact of Soil Degradation and Climate Change on Agriculture in the Chernozem Region (using the Lipetsk Region as an Example): Abstract of a Candidate of Biological Sciences Dissertation: 1.5.15 - Ecology (Biological Sciences). Moscow, 2024. 26 p. (In Russ.)
- Kuznetsov M.S. Erosion Resistance of Soils. Moscow, 1981. 135 p. (In Russ.)
- Kuznetsov M.S., Bazarov O.A. Erosion Resistance of Mountain and Foothill Soils of Tajikistan. Dushanbe, 1993. (In Russ.)
- Kuznetsov M.S., Demidov V.V. Soil Erosion in the Forest-Steppe Zone of Central Russia: Modeling, Prevention, and Environmental Consequences. Moscow: POLTEX, 2002. 183 p. (In Russ.)
- Kuznetsov M.S., Dobrovolskaya N.G., Fless A.D., et al. Problems of Soil Erosion and Protection // Structural and Functional Role of Soil in the Biosphere / G.V. Dobrovolsky. Moscow: GEOS, 1999. P. 216–227. (In Russ.)
- Kuznetsov M.S., Glazunov G.P. Erosion as the Main Factor of Soil Degradation // Soil Degradation and Protection / Ed. G.V. Dobrovolsky. Moscow, 2002. P. 455–482. (In Russ.)
- Kuznetsov M.S., Glazunov G.P. Soil Erosion and Protection: A Textbook for Universities, Moscow: Yurait, 2019. 387 p. (In Russ.)
- Kuznetsov M.S., Grigoriev V.Ya., Khan K.Yu. Irrigation Soil Erosion and Its Prevention with Sprinkler Irrigation. Moscow, 1990. 118 p. (In Russ.)
- Kuznetsov M.S., Grigoriev V.Ya., Kim A.D. Irrigation Soil Erosion in the Serozem Zone and Its Prevention / Ed. M.N. Zaslavsky. Moscow: Nauka. 1985. 62 p. (In Russ.)
- Land Code of the Russian Federation of October 25, 2001, No. 136-FZ (as amended on July 31, 2025) (as amended and supplemented, effective September 1, 2025). (In Russ.)
- Lidov V.P. Water Erosion Processes in the Sod-Podzolic Soil Zone. Moscow, 1981. 168 p. (In Russ.)
- Makarov A.A. Experience in Assessing the Risk of Chemical Pollution of Urban Soils in the Moscow Region: Dissertation of Cand. of Biol. Sciences: 03.02.13: 03.02.08. Moscow, 2017. 151 p. (In Russ.)
- Makarov O.A., Abdulkhanova D.R., Baldzhiev A.S. et al. Land Degradation Economics and Food Security in Russian Regions / Edited by O.A. Makarov. Moscow: MAKS Press. 2022. 320 p. (In Russ.)
- Makarov O.A. Features of soil development and functioning. Moscow: MAKS Press. 2025. 174 p. (In Russ.)
- Makarov O.A. Soil Condition as an Object of Environmental Standardization of the Natural Environment. Abstract of a Dissertation for the Degree of Doctor of Biological Sciences. Moscow, 2002. 46 p. (In Russ.)
- Makarov O.A. Soils, Soil Resources, and Sustainable Land Use: Research and Evaluation Algorithms. Moscow: MAKS Press. 2023. 156 p. (In Russ.)
- Makarov O.A., Kuznetsov M.S., Karpova D.V. et al. Environmental and Economic Indicators of Sustainable Land Use / Sustainable Land Resources Management // Use and Protection of Natural Resources in Russia. 2023. No. 1. P. 84–92. (In Russ.)
- Makarov O.A., Savvateeva O.A., Kamanina I.Z., et al. Problems of Assessing Environmental Risks for the Environment and the Population. Moscow: MAKS Press. 2014. 288 p. (In Russ.)
- Methodological Recommendations for Identifying Degraded and Contaminated Lands / A.S. Yakovlev, V.N. Sheptukhov, Yu.M. Matveyev, et al. // Collection of Regulatory Acts on Soil Protection. Moscow: REFIA. 1996. P. 174–198. (In Russ.)
- National Atlas of Soils of the Russian Federation / General editor S.A. Shoba. Moscow, 2011. 631 p. (In Russ.)
- Plotnikova O.O. The Role of the Transport Capacity of Water Flows in Changing Some Properties of Surface Horizons of Typical Eroded Chernozems: Using the

Kursk Region as an Example: Dissertation ... Candidate of Biological Sciences: 03.02.13. Moscow, 2020. 134 p. (In Russ.)

RF Government Resolution of June 10, 2018, No. 800, On Conducting Land Reclamation and Conservation [Electronic resource]: Official Internet Portal of Legal Information.

URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201807120031> (Accessed: October 1, 2025). (In Russ.)

Shoba S.A., Makarov O.A., Abdulkhanova D.R., et al. «Fair» Economics of Land Use: a study guide / Ed. by S.A. Shoba and O.A. Makarov. Moscow: MAKS Press, 2018. 196 p. (In Russ.)

Sidorchuk A.Yu., Baranov A.V. et al. Erosion Processes of Central Yamal. St. Petersburg, 1999. 349 p. (In Russ.)

Strokov A.S., Makarov O.A., Tsvetnov E.V. et al. Methodology for Managing Sustainable Agricultural Development in the Context of Soil Degradation and Climate Change // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2020. Vol. 34. No. 5. P. 82–87. (In Russ.)

Svetlosanov V.A. Sustainability and Stability of Natural Ecosystems: (Model Aspect). Vol. 8. Theoretical and General Issues of Geography. Series: Results of Science and Technology. Moscow: VINITI RAS. 1990. 200 p. (In Russ.)

Svirezhev Yu.M. Nonlinear Waves, Dissipative Structures, and Ecological Disasters. Moscow: Nauka. 1987. 368 p. (In Russ.)

Vinogradov B.V. Fundamentals of Landscape Ecology. Moscow: GEOS, 1998, 418 p. (In Russ.)

Vinogradov B.V., Orlov V.A., Snakin V.V. Biotic Criteria of Ecological Disaster Zones in Russia // Izvestiya RAS. Geography Series. 1993. No. 5. P. 77–89. (In Russ.)

Vorobeychik E.L., Sadykov O.F., Farafontov M.G. Environmental Standardization of Technogenic Pollu-

tion of Terrestrial Ecosystems. Yekaterinburg: Nauka : Ural. izd. firma. 1994. 279 p. (In Russ.)

Yakovlev A.S., Evdokimova M.V. Ecological standardization of soil and soil quality control // Eurasian Soil Science. 44, 534–546 (2011). (In Russ.) <https://doi.org/10.1134/S1064229311050152>

Yakovlev A.S., Makarov O.A., Kiselev S.V., et al. Environmental and Economic Assessment of Land Degradation. Moscow: MAKS Press. 2016. 256 p. (In Russ.)

ABOUT THE AUTHORS

Makarov Oleg Anatolyevich, Doctor of Biol. Sciences, Head of the Department of Erosion and Soil Protection, Faculty of Soil Science, Lomonosov Moscow State University, e-mail: oa_makarov@mail.ru

Demidov Valery Vitalievich, Doctor of Biol. Sciences, Professor of the Department of Erosion and Soil Protection, Faculty of Soil Science, Lomonosov Moscow State University, e-mail: demidov951@yandex.ru

Karpova Dina Vyacheslavovna, Doctor of Agricultural Sciences, ved. sci. Associate Professor of the Department of Erosion and Soil Protection, Faculty of Soil Science, Lomonosov Moscow State University, e-mail: karpovad@mail.ru

Shulga Pavel Stanislavovich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Erosion and Soil Protection, Faculty of Soil Science, Lomonosov Moscow State University, e-mail: shulgaps@yandex.ru

Abdulkhanova Dina Rafikovna, junior researcher of the Department of Erosion and Soil Protection, Faculty of Soil Science, Lomonosov Moscow State University, e-mail: dina_msu@mail.ru

Marakhova Nina Alekseevna, 1st Category Engineer, Department of Radioecology and Ecotoxicology, Faculty of Soil Science, Lomonosov Moscow State University