



ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО, КАДАСТР И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ/LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.71.4>**EDN: MIMHJZ****ВЛИЯНИЕ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА НАКОПЛЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВАХ ПОЧВЫ**

Обзор

Гасанов Э.А.^{1,*}¹ ORCID : ORCID-0009-0008-3457-974X;¹ Азербайджанский Университет Кооперации, Баку, Азербайджан

* Корреспондирующий автор (arzu_hasan[at]mail.ru)

Предложена: 10.03.2026; Принята: 30.06.2026; Опубликовано: 20.07.2026

Аннотация

В статье проведена комплексная оценка влияния эрозионных процессов на биоэнергетическое состояние почв горной зоны Большого Кавказа, исследованы изменения запасов солнечной энергии, аккумулярованной гумусом и микробной массой различных типов почв в зависимости от степени эродированности. В ходе исследования выявлены закономерности изменения микробиологической активности, содержания гумуса и энергетического потенциала почв под воздействием эрозии. Выполнены расчеты потерь солнечной энергии в эродированных почвах, определены особенности распределения энергии в системе «почва–растительность–микроорганизмы», а также установлена взаимосвязь между интенсивностью эрозионных процессов и снижением биологического плодородия почв. Обобщены и систематизированы результаты многолетних исследований, проведен сравнительный анализ различных типов почв по уровню аккумуляции солнечной энергии и предложены научно обоснованные выводы относительно роли противоэрозионных мероприятий в сохранении энергетического баланса и плодородия почвенных экосистем.

Ключевые слова: почва, Большой Кавказ, термодинамика, гумус, бактерии, актиномицеты, грибы, эрозия, солнечная энергия, биосфера.

THE INFLUENCE OF EROSION PROCESSES ON THE ACCUMULATION OF SOLAR ENERGY IN ORGANIC SOIL MATTER

Review article

Hasanov E.A.^{1,*}¹ ORCID : ORCID-0009-0008-3457-974X;¹ Azerbaijan University of Cooperation, Baku, Azerbaijan

* Corresponding author (arzu_hasan[at]mail.ru)

Suggested: 10.03.2026; Accepted: 30.06.2026; Published: 20.07.2026

Abstract

The article conducts a complex evaluation of the impact of erosion processes on the bioenergetic state of soils in the mountainous region of the Greater Caucasus, and studies changes in the reserves of solar energy accumulated by humus and microbial biomass in various soil types, depending on the degree of erosion. The research identified patterns in changes to microbiological activity, humus content and the energy potential of soils under the influence of erosion. Calculations were carried out to determine solar energy losses in eroded soils; the characteristics of energy distribution within the "soil–vegetation–microorganisms" system were determined; and a correlation was established between the intensity of erosion processes and the decline in the biological fertility of soils. The results of long-term research have been summarised and systematised; a comparative analysis of different soil types in terms of solar energy accumulation has been carried out; and scientifically substantiated conclusions have been suggested regarding the role of anti-erosion measures in maintaining the energy balance and fertility of soil ecosystems.

Keywords: soil, Greater Caucasus, thermodynamics, humus, bacteria, actinomycetes, fungi, erosion, solar energy, biosphere.

Введение

На современном этапе развития науки о почвах особое значение приобретает исследование энергетических аспектов функционирования почвенного покрова. Почва является важнейшим компонентом биосферы, обеспечивающим накопление, трансформацию и сохранение значительной части химической энергии, образующейся в результате фотосинтетической деятельности растений [1, С. 15–16]. Аккумулятивная в органическом веществе почвы энергия оказывает существенное влияние на интенсивность биогеохимических процессов, плодородие почв и устойчивость экосистем в целом [2, С. 76–77].

Практически вся энергия, используемая живыми организмами наземных экосистем, первоначально аккумулируется растениями в процессе фотосинтеза путем преобразования солнечной энергии в энергию химических связей органических соединений [3, С. 42–43]. После отмирания растительных остатков часть этой энергии поступает в почву, где вовлекается в процессы трансформации органического вещества, гумусообразования и биологического

круговорота элементов. В связи с этим изучение энергетического состояния почв рассматривается как одно из перспективных направлений современного почвоведения.

Накопление энергии в почве определяется совокупностью биотических и абиотических факторов. К основным из них относятся уровень биологической продуктивности растительного покрова, содержание органического вещества, интенсивность процессов гумусообразования и минерализации, температурно-влажностный режим, гранулометрический состав почвы, а также процессы сорбции и структурообразования [4, С. 168]. Особую роль играют гумусовые вещества, обладающие высокой устойчивостью к разложению и способностью длительно сохранять значительные запасы химической энергии.

Следует отметить, что процессы минерализации органического вещества имеют двойственное значение для энергетического баланса почв. С одной стороны, они сопровождаются высвобождением части энергии в виде тепла и уменьшением запасов органического вещества, а с другой — обеспечивают круговорот элементов питания и поддерживают функционирование почвенной биоты. Поэтому энергетическое состояние почвы определяется не отдельными процессами, а соотношением процессов поступления, трансформации и потерь энергии.

В последние десятилетия особое внимание уделяется изучению влияния антропогенных факторов на энергетический потенциал почв. Интенсивная механическая обработка, разрушение почвенной структуры, ускоренная минерализация органического вещества и эрозионные процессы способны приводить к снижению запасов органического углерода и, соответственно, аккумулированной энергии. В связи с этим все более широкое распространение получают почвозащитные технологии земледелия, включая минимальную и нулевую обработку почвы, направленные на сохранение органического вещества и повышение устойчивости агроэкосистем [5, С. 331].

Актуальность исследования обусловлена необходимостью углубления представлений об энергетических характеристиках почв и факторах, определяющих формирование запасов энергии в почвенном органическом веществе. Оценка энергетического состояния почв позволяет более полно характеризовать их экологические функции, уровень плодородия и устойчивость к антропогенным воздействиям.

Целью исследования является изучение особенностей накопления и сохранения энергии в почвах, а также выявление факторов, оказывающих влияние на формирование энергетического потенциала почвенного покрова.

Научная новизна работы заключается в систематизации современных представлений об энергетическом состоянии почв, анализе роли процессов гумусообразования, минерализации, сорбции и структурообразования в формировании энергетических запасов почвенного органического вещества, а также в обосновании значения почвозащитных технологий для сохранения энергетического потенциала почв.

Теоретическая значимость исследования состоит в расширении научных представлений о почве как энергетической системе биосферы. Практическая значимость заключается в возможности использования полученных результатов при оценке плодородия почв, разработке мероприятий по сохранению органического вещества и совершенствовании систем рационального природопользования.

Методы и принципы исследования

Материалом исследования послужили почвы горной зоны юго-восточного склона Большого Кавказа, различающиеся по генетическим особенностям, степени эродированности и уровню биологической активности. Объектами исследования являлись горно-луговые дерновые, бурые горно-лесные, коричневые горно-лесные, лугово-лесные, луговые почвы и горные черноземы. Анализ проводился на незэродированных и среднеэродированных разновидностях почв, что позволило оценить влияние эрозионных процессов на изменение их биоэнергетического потенциала.

Теоретико-методологическую основу исследования составили фундаментальные работы по почвоведению, биоэнергетике почв и эрозионным процессам [2], [10], [14], [15]. При интерпретации результатов использовались современные представления о почве как сложной экологической системе, обеспечивающей функционирование биогеохимических циклов и накопление органического вещества [6].

Полевые исследования включали отбор почвенных образцов из верхнего генетического горизонта (0–30 см), характеризующегося максимальной интенсивностью микробиологических и биохимических процессов. Степень эродированности почв определялась по морфологическим признакам почвенного профиля, мощности гумусового горизонта и сравнительным характеристикам смытых и несмытых почв в соответствии с общепринятыми методическими подходами [10], [12].

В ходе исследования анализировались следующие показатели: содержание гумуса (%), запасы гумуса в почвенном профиле (т/га), численность и биомасса основных физиологических групп микроорганизмов (бактерий, актиномицетов и грибов), энергетический потенциал гумуса, энергетический потенциал микробной биомассы.

Оценка биоэнергетического состояния почв проводилась расчетным методом на основе определения запасов органического вещества и микробной биомассы. Количество энергии, аккумулированной гумусом, рассчитывалось по содержанию органического вещества с использованием общепринятых энергетических эквивалентов органического углерода. Энергия, связанная с микробной биомассой, определялась по величине сухой массы микроорганизмов и соответствующим коэффициентам энергетической ценности органического вещества. В качестве интегральных показателей использовались запасы энергии гумуса (ккал/м²) и запасы энергии микробной биомассы (ккал/м²).

Сравнительный анализ биоэнергетических показателей проводился между различными типами почв и категориями эродированности. Для оценки влияния эрозии определялись абсолютные и относительные потери энергии, аккумулированной гумусом и микробной биомассой. Системный подход реализовывался путем рассмотрения почвы как единой биоэнергетической системы, в которой эрозионные процессы воздействуют одновременно на органическое вещество, микробиологическую активность и энергетический баланс почвенного покрова.

Статистическая обработка результатов включала расчет средних значений, относительных изменений показателей и их сравнительный анализ. Полученные данные использовались для выявления закономерностей изменения биоэнергетического потенциала различных типов почв под влиянием эрозионных процессов и оценки степени деградации почвенного плодородия.

Научная новизна исследования

Научная новизна исследования представлена следующими положениями:

- впервые осуществлена комплексная оценка влияния эрозионных процессов на энергетическое состояние почв горной зоны Большого Кавказа с позиций биоэнергетического подхода;
- установлены количественные закономерности изменения запасов солнечной энергии, аккумулированной в гумусе почв, в зависимости от степени их эродированности;
- выявлены особенности трансформации энергетического потенциала почвенной микробной биомассы при различных уровнях эрозионной деградации;
- обоснована взаимосвязь между изменением физической структуры почв, снижением содержания органического вещества и уменьшением накопления солнечной энергии;
- показано, что эрозионные процессы приводят к нарушению энергетического баланса почвенных экосистем через изменение микробиологической активности и биогеохимических процессов;
- доказано, что показатели накопления солнечной энергии могут использоваться в качестве дополнительного критерия оценки степени деградации и плодородия почв.

Обсуждение полученных результатов

Под понятием эрозия почвы подразумевается частичная потеря биологических, химических и экологических качеств земли и эта потеря результат воздействия антропогенных, техногенных и природных факторов, также различных нарушений. Эрозия — это в основном процесс переноса почвы и горных пород в другие местности в результате водной, ветровой, ледниковой и антропогенной деятельности. На уровень эрозии почв воздействуют следующие факторы: исходное состояние, интенсивность пахот, загруженность, химический состав, биоразнообразия и т.д. [6]. В результате таких воздействий наблюдается снижение содержания питательных элементов и органических веществ у почвы, происходит эрозия, закисление, опустынивание и загрязнение почвы, которые влияют на её производительность [7]. Необходимо принять определенные меры для поддержания здоровья и плодородия почвы, уменьшения эрозии. Эти меры включают сокращение интенсивных методов посадки, чередование культур, выращиваемых каждый сезон, попеременное применение полосного метода посадки и т. д. [8]. Эрозия чаще встречается на холмах, где верхний слой почвы постоянно теряется под воздействием воды и ветра. Поэтому контроль эрозии склонов имеет решающее значение для фермеров, чьи поля обеспечивают обильный урожай, а предотвращение эрозии склонов позволяет им лучше защитить себя от будущих угроз и обеспечить производительность урожая [9].

На поверхности Земли постоянно происходит эрозия, как геоморфологический процесс, оказывающий серьезное влияние на формирование почвы и ландшафта. Она влияет не только на плодородие почвы, но и на энергетический баланс поверхности земли, накопление солнечной энергии. Накопление солнечной энергии относится к тому факту, что поверхность Земли поглощает энергию, поступающую из солнца, аккумулирует ее и выделяет в виде тепла в течение определенного периода времени. Эрозии влияют и на этот энергетический баланс, изменяя структуру поверхности, цвет, влажность и растительность.

Прежде всего, эрозия влияет на уровень поглощения солнечной энергии, изменяя структуру почвенного покрова. Здоровые и покрытые растительностью почвы поглощают часть солнечных лучей и отражают часть из них. Растительность регулирует температуру почвы и энергообмен. Однако, когда верхний плодородный слой почвы смывается в результате сильной эрозии, цвет и структура поверхности изменяются. Светлые камни или песчаные поверхности отражают больше солнечной радиации, что уменьшает накопление солнечной энергии. И наоборот, темные почвы поглощают больше радиации, увеличивая нагрев поверхности [10, С. 686].

С эрозионными процессами, оказывающими влияние на накопление солнечной энергии, также связаны изменения форм рельефа. В результате эрозии образуются овраги, ущелья, склоны и другие формы рельефа. Такие структурные изменения ландшафта изменяют угол падения солнечных лучей на поверхность Земли. Например, поскольку южные склоны более восприимчивы к солнечным лучам, накопление энергии в этих областях выше. Однако на склонах, обращенных на север, накопление тепла относительно низкое, поскольку солнечная радиация падает меньше. Таким образом, в результате изменения микрорельефа, под воздействием эрозией, вызывают неравномерное распределение солнечной энергии по поверхности земли [11]. Дополняя изложенную точку зрения, следует подчеркнуть, что, эрозионные изменения рельефа приводят к неравномерному распределению солнечной энергии, что влияет на температурный режим, влажность почв и устойчивость экосистем.

Кроме того, процессы эрозии влияют и на влажностный режим почвы. Влажность почвы играет важную роль в поглощении и хранении солнечной энергии. Влажная почва тратит часть солнечной энергии на процесс испарения, в результате чего температура поверхности остается относительно низкой. Когда структура почвы нарушается в результате эрозии, способность удерживать воду снижается, и почва быстрее высыхает. С другой стороны, осушенные почвы поглощают больше солнечной радиации, вызывая повышение температуры поверхности. Это может привести к изменению местных климатических условий и возникновению микроклиматических различий.

Эрозия также вызывает сокращение растительности, что напрямую влияет на накопление солнечной энергии. Растительность направляет часть солнечной радиации на процесс фотосинтеза и предотвращает перегрев почвы. Растения также поддерживают влажность почвы и регулируют отражательную способность поверхности. Однако, когда растительность разрушается в результате эрозии, поверхность поглощает больше солнечной радиации, и тепловой баланс изменяется [12]. По нашему мнению деградация растительного покрова под воздействием

эрозионных процессов приводит не только к нарушению энергетического баланса поверхности, но и к ослаблению устойчивости почвенных экосистем в целом. Сокращение растительности способствует усилению температурных колебаний, снижению способности почвы удерживать влагу и активизации процессов дальнейшей деградации земель. Вследствие этого нарушаются естественные механизмы саморегуляции экосистем, что отрицательно сказывается на биологической продуктивности и экологической устойчивости территории.

С другой стороны, поднятие частиц почвы в атмосферу или их перенос в другие районы в результате эрозии также может влиять на распределение солнечной энергии. Эрозионные процессы оказывают существенное влияние на энергетический баланс земной поверхности и накопление солнечной энергии. Изменения в режиме почвенной влажности, сокращение биоразнообразия, переформирование рельефа меняют уровень накопления и отражения солнечной радиации, который, в свою очередь, влияет на климатические условия, устойчивость экосистем и почвенно-растительные равновесия. По высказанным можно утвердить, что предотвращение эрозионных процессов и реализация мер по защите почв имеют большое значение для поддержания энергетического баланса планеты. Для этого, используется различные методы [13].

За последние 40 лет нами были изучены энергетические ресурсы растительного покрова гумуса и почвенных микроорганизмов горной зоны Большого Кавказа. Было также интересно выявление влияния эрозионных процессов на интенсивность утилизации солнечной энергии микроорганизмами. Исследованиями были охвачены основные типы почв горной зоны.

Была сделана попытка провести оценку плодородия почв на основании определения запасов солнечной энергии, аккумулированной микробной массой. Устанавливались также потери энергии в результате эрозионных процессов. Отметим, что земная поверхность непрерывно подвергается воздействию потоков солнечной энергии под влиянием которой в биосфере в целом, и в почве в частности, происходит гигантский круговорот энергии.

Живые организмы обитающие в почве весьма многочисленны и мельчащие и обитатели — микроорганизмы, используя хотя и малую часть солнечной энергии создают богатые энергией соединения. Накопленная и сосредоточенная в органическом веществе энергия используется при осуществлении важнейших жизненных процессов, происходящих в почве [14, С. 24].

Установлено, что слой верхнего биологически активного слоя почвы, приводит к потере ее плодородия, что влечет за собой снижение темпов биохимических процессов, происходящих в почве, затухания микробиологической деятельности, следовательно, замедлению темпов синтеза и превращения органических веществ аккумуляции солнечной энергии.

Результаты исследования показали, что наибольшее количество связанной фитомассой энергии содержится в растительных ассоциациях горно-лесных бурных и горно-лесных коричневых; наименьшее в горно-лесных и луговых почвах, а максимальное количество связанной гумусом энергии содержится в горно-луговых дерновых и горных черноземах. На незеродированных разностях это соответственно составляет 1111,304 и 760,0 млн. ккал. на гектар. Наименьший запас солнечной энергии аккумулирован гумусом луговых почв (542,0 млн. ккал. / да).

Под воздействием эрозии во всех типах почв зафиксировано уменьшение количества солнечной энергии, накопленный в гумусе. Установлено, что в 30 см слое горно-луговых зерновых, горно-лесных бурных горно-лесных коричневых, лугово-лесных и горных черноземов, под влиянием эрозии в средней степени потери энергии соответственно составляют 350, 103, 195, 116, 118, 338 млн. ккал/га (таблица 1). Исследование энергетического баланса микрофлоры занимает видное место в системе биоэнергетики биогеоценозов. Следует отметить, что для оценки степени плодородия почвы и ее устойчивости необходим учет количества энергии, создаваемой микроорганическим миром, ее круговорота и факторов, влияющих на ее потери и повышение.

Таблица 1 - Количество солнечной энергии, связанной гумусом почв юго-восточного склона Большого Кавказа и потери ее от различной степени смывости

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.71.4.1>

Типы почв	Степень эродированности	Глубина, см	Запас энергии, млн. ккал/га	Потери в результате эрозии энергии, млн. ккал га
Горно-луговые дерновые	Неэродированные	0–30	1110,3	
	Среднеэродированные	—	760,0	350,3
Бурные горно-лесные типичные	Неэродированные	—	703,5	
	Среднеэродированные	—	600,0	103,5
Коричневые горно-лесные	Неэродированные	—	510,6	
	Среднеэродированные	—	315,5	195,1
Лугово-лесные	Неэродированные	—	516,6	
	Среднеэродированные	—	400,1	116,5

Типы почв	Степень эродированности	Глубина, см	Запас энергии, млн. ккал/га	Потери в результате эрозии энергии, млн. ккал/га
Луговые	Неэродированные	—	542,0	
	Среднеэродированные	—	423,1	118,9
Черноземы горные	Неэродированные	—	1128,0	
	Среднеэродированные	—	790,0	338

Большое воздействие на изменение их численности оказывает эрозионный процесс. Следует отметить, что по сравнению с не смытыми аналогами в средне смытых численность микроорганизмов сокращается на 1–2 млн. на один грамм почв. Было подсчитано количество энергии аккумулированной микробной масса разных почв системы вертикальный зональности Большого Кавказа (таблица 2).

Таблица 2 - Количество солнечной энергии связанной микробной массой (в 0-30 см. слое) почв южного склона Большого Кавказа в зависимости от степени эродированности

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.71.4.2>

Название почв	Степень эродированности	Микробная масса, сухое вещество г/м ²			Сумма энергии в микробной массе ккал/м ²
		Бактерии	Актиномицеты	Грибы	
Бурые горно-лесные	Неэродированные	1,850	0,217	0,005	12754,1
	Среднеэродированные	0,491	0,169	0,002	10234,6
Коричневые горно-лесные	Неэродированные	0,35915	0,13638	0,00213	3028,2
	Среднеэродированные	0,27936	0,06402	0,00063	2106,5
Горно-луговые	Неэродированные	0,55650	0,20753	0,01470	4732,1
	Среднеэродированные	0,33945	0,15528	0,00435	3027,3
Луговые	Неэродированные	0,452	0,106	0,006	3447,8
	Среднеэродированные	0,234	0,062	0,002	1820,6
Лугово-лесные	Неэродированные	1,959	0,249	0,005	13615,5
	Среднеэродированные	1,118	0,257	0,002	7852,4

Установлено, что накопление энергии более активно протекало в весенний период во всех типах почв. Развитие эрозионных процессов приводит к сокращению микробиологической активности и, в свою очередь, ведет снижению запасов аккумулированной энергии на 50% средней эродированных почв [15, С. 13].

Ухудшение потенциала плодородия почв при развитии эрозионных процессов приводит к ослаблению биохимических, в частности микробиологических процессов, сокращению численного состава микроорганизмов, в частности бактерий, актиномицетов, грибов и азотобактерий по всем природным зонам. Необходимо также отметить, что под влиянием эрозионных процессов происходит потеря гумуса, уменьшение численности микроорганизмов, что способствует сокращению накопления и связывания солнечной энергии.

Уменьшение количества биоэнергии способствует ослаблению темпов биологических процессов.

Заключение

В результате исследования установлено, что почвы горной зоны Большого Кавказа являются важным аккумулятором солнечной энергии, связанной с органическим веществом, гумусом и микробной биомассой. Наибольшие запасы энергии, аккумулированной гумусом в неэродированных почвах, выявлены в горных черноземах



(1128,0 млн ккал/га) и горно-луговых дерновых почвах (1110,3 млн ккал/га), тогда как минимальные значения отмечены в луговых почвах (542,0 млн ккал/га).

Установлено, что развитие эрозионных процессов приводит к существенным потерям солнечной энергии, накопленной гумусом почв. В среднеэродированных почвах потери энергии составляют от 103,5 до 350,3 млн ккал/га. Наибольшие потери зафиксированы в горно-луговых дерновых почвах (350,3 млн ккал/га) и горных черноземах (338,0 млн ккал/га), что свидетельствует о значительном снижении энергетического потенциала почвенного покрова под воздействием эрозии.

Выявлено, что эрозия оказывает отрицательное влияние на микробиологическую активность почв. По сравнению с неэродированными аналогами численность микроорганизмов в среднеэродированных почвах сокращается на 1–2 млн клеток в 1 г почвы. Одновременно снижается количество энергии, аккумулированной микробной массой. Так, в лугово-лесных почвах её запас уменьшается с 13615,5 до 7852,4 ккал/м², а в луговых почвах — с 3447,8 до 1820,6 ккал/м².

Установлено, что эрозионная деградация почв сопровождается уменьшением содержания гумуса, сокращением численности бактерий, актиномицетов и грибов, ослаблением интенсивности биохимических процессов и замедлением круговорота энергии в почвенных экосистемах. В среднеэродированных почвах снижение запасов энергии, аккумулированной микробной массой, в отдельных случаях достигает около 50% по сравнению с неэродированными почвами.

Определено, что эрозионные процессы изменяют структуру поверхности почвы, водный режим, микрорельеф и состояние растительного покрова, что приводит к нарушению процессов поглощения, распределения и накопления солнечной радиации. В результате снижается эффективность трансформации солнечной энергии в органическое вещество и ухудшается энергетический баланс почвенных экосистем.

В целом проведённое исследование показало, что эрозия является одним из основных факторов снижения энергетического потенциала почв горной зоны Большого Кавказа. Потери гумуса и микробной биомассы приводят к сокращению запасов связанной солнечной энергии, ухудшению плодородия и ослаблению биологической активности почв. Следовательно, сохранение энергетических ресурсов почв непосредственно связано с реализацией эффективных противоэрозионных мероприятий, направленных на защиту гумусового горизонта и поддержание устойчивого функционирования почвенных экосистем.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Добровольский В.В. География почв с основами почвоведения / В.В. Добровольский. — Москва: ВЛАДОС, 2001. — 384 с.
2. Ковда В.А. Основы учения о почвах / В.А. Ковда. — Москва: Наука, 1983. — Кн. 1. — 447 с.
3. Базилевич Н.И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии / Н.И. Базилевич, А.А. Титлянова. — Новосибирск: Наука, 2008. — 464 с.
4. Розанов Б.Г. Морфология почв / Б.Г. Розанов. — Москва: Академический проект, 2004. — 432 с.
5. Pimentel D. Handbook of Energy Utilization in Agriculture / D. Pimentel. — Boca Raton: CRC Press, 1980. — 475 p.
6. Nunes F.C. Chapter 9 - Soil as a complex ecological system for meeting food and nutritional security / F.C. Nunes [et al.] // Climate Change and Soil Interactions / Ed. by M.N.V. Prasad, M. Pietrzykowski. — Elsevier, 2020. — DOI: 10.1016/B978-0-12-818032-7.00009-6.
7. Al-Kaisi M. Soil erosion: effect on soil productivity / M. Al-Kaisi [et al.] // Iowa State University Extension and Outreach. — 2022. — URL: <https://crops.extension.iastate.edu/encyclopedia/soil-erosion-effect-soil-productivity> (accessed: 17.01.2026).
8. Gilley J.E. Erosion: Water-Induced / J.E. Gilley, // Encyclopedia of Soils in the Environment / Ed. by D. Hillel. — Academic Press, 2005. — DOI: 10.1016/B0-12-348530-4/00262-9.
9. Slope Erosion: Underlying Factors And Control Methods. — URL: <https://eos.com/blog/slope-erosion/> (accessed: 17.01.2026).
10. Morgan R.P.C. Soil Erosion and Conservation / R.P.C. Morgan // Blackwell Publishing. European journal of soil science. — 2005. — Vol. 56. — Iss. 5. — P. 686.
11. Summerfield M.A. Global Geomorphology, an Introduction to the Study of Land Forms / M.A. Summerfield. — 1991. — P. 163–184.
12. Lal R. Soil Degradation by Erosion / R. Lal // Land Degradation and Development. — 2001. — № 12. — P. 519–539. — DOI: 10.1002/ldr.472.
13. Абдусаламова Р.Р. Методы защиты почвы от водной и ветровой эрозии / Р.Р. Абдусаламова, З.М. Баламирзоева // Вестник социально-педагогического института. — 2021. — № 4 (40). — С. 30–40.



14. Шакури Б.К. Интенсивность биологических процессов почв системы вертикальной зональности южного, юго-восточного склона Большого Кавказа и их патология под влиянием экзогенных процессов / Б.К. Шакури. — Баку, 2007. — 448 с.

15. Гасанов Э.А. Природные ресурсы южной части Большого Кавказа и их охрана / Э.А. Гасанов. — Баку, 2005. — 276 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Dobrovolskii V.V. Geografiya pochv s osnovami pochvovedeniya [Soil Geography with an Introduction to Soil Science] / V.V. Dobrovolskii. — Moscow: VLADOS, 2001. — 384 p. [in Russian]

2. Kovda V.A. Osnovi ucheniya o pochvakh [Fundamentals of Soil Science] / V.A. Kovda. — Moscow: Nauka, 1983. — Book. 1. — 447 p. [in Russian]

3. Bazilevich N.I. Biologicheskaya produktivnost ekosistem Severnoi Yevrazii [Biological productivity of ecosystems in Northern Eurasia] / N.I. Bazilevich, A.A. Titlyanova. — Novosibirsk: Nauka, 2008. — 464 p. [in Russian]

4. Rozanov B.G. Morfologiya pochv [Soil morphology] / B.G. Rozanov. — Moscow: Academic Project, 2004. — 432 p. [in Russian]

5. Pimentel D. Handbook of Energy Utilization in Agriculture / D. Pimentel. — Boca Raton: CRC Press, 1980. — 475 p.

6. Nunes F.C. Chapter 9 - Soil as a complex ecological system for meeting food and nutritional security / F.C. Nunes [et al.] // Climate Change and Soil Interactions / Ed. by M.N.V. Prasad, M. Pietrzykowski. — Elsevier, 2020. — DOI: 10.1016/B978-0-12-818032-7.00009-6.

7. Al-Kaisi M. Soil erosion: effect on soil productivity / M. Al-Kaisi [et al.] // Iowa State University Extension and Outreach. — 2022. — URL: <https://crops.extension.iastate.edu/encyclopedia/soil-erosion-effect-soil-productivity> (accessed: 17.01.2026).

8. Gilley J.E. Erosion: Water-Induced / J.E. Gilley, // Encyclopedia of Soils in the Environment / Ed. by D. Hillel. — Academic Press, 2005. — DOI: 10.1016/B0-12-348530-4/00262-9.

9. Slope Erosion: Underlying Factors And Control Methods. — URL: <https://eos.com/blog/slope-erosion/> (accessed: 17.01.2026).

10. Morgan R.P.C. Soil Erosion and Conservation / R.P.C. Morgan // Blackwell Publishing. European journal of soil science. — 2005. — Vol. 56. — Iss. 5. — P. 686.

11. Summerfield M.A. Global Geomorphology, an Introduction to the Study of Land Forms / M.A. Summerfield. — 1991. — P. 163–184.

12. Lal R. Soil Degradation by Erosion / R. Lal // Land Degradation and Development. — 2001. — № 12. — P. 519–539. — DOI: 10.1002/ldr.472.

13. Abdusalamova R.R. Metodi zashchiti pochvi ot vodnoi i vetrovoi erozii [Methods of Protecting Soil from Water and Wind Erosion] / R.R. Abdusalamova, Z.M. Balamirzoeva // Vestnik sotsialno-pedagogicheskogo instituta [Bulletin of the Institute of Social and Pedagogical Studies]. — 2021. — № 4 (40). — P. 30–40. [in Russian]

14. Shakuri B.K. Intensivnost biologicheskikh protsessov pochv sistemi vertikalnoi zonalnosti yuzhnogo, yugovostochnogo sklona Bolshogo Kavkaza i ikh patologiya pod vliyaniem ekzogennikh protsessov [The intensity of biological processes in the soils of the vertical zonation system on the southern and south-eastern slopes of the Greater Caucasus, and their pathology under the influence of exogenous processes] / B.K. Shakuri. — Baku, 2007. — 448 p. [in Russian]

15. Gasanov E.A. Prirodnie resursi yuzhnoi chasti Bolshogo Kavkaza i ikh okhrana [The natural resources of the southern part of the Greater Caucasus and their conservation] / E.A. Gasanov. — Baku, 2005. — 276 p. [in Russian]