

Научная статья

УДК 631.459(470.64)

doi: 10.55196/2411-3492-2022-3-37-31-37

Методологические основы исследования эрозионных процессов в условиях Кабардино-Балкарской Республики

Людмила Зачиевна Шекихачева

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030, sh-ludmila-z@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5987-1500>

Аннотация. Оценка экологического состояния почвы предполагает определение соответствия протекания процессов в исследуемых почвах их природным аналогам, что позволяет выявить допустимое значение того или иного фактора, в т.ч. агротехнического, установленного по критерию соответствия нормальному функционированию природной экосистемы. Показано, что изучение эрозионных процессов на территориях, площади которых в современном землепользовании аналогичны площадям сельскохозяйственных угодий крупных фермерских хозяйств требует учета величин (факторов), которые предопределяют как сам смыв, так и его интенсивность. Установлено, что скорость увеличения гумусового профиля при формировании различных почв неодинакова. Приведены характеристики эрозионной угрозы почв в соответствии с уровнем их проявления для условий Кабардино-Балкарии. В результате проведенных исследований установлено, что определение влияния крутизны на смыв почвы со склонов в чистом виде не может выполняться, поскольку такой процесс обусловлен индивидуальными характеристиками дополнительного набора факторов, которые можно получить только при изучении рельефа разными подходами. Следовательно, необходимо провести анализ региональных особенностей опытной территории, что позволит уменьшить погрешности, возникающие при использовании существующих математических моделей водной эрозии, и одновременно скорректировать их, адаптировав к региональным условиям.

Ключевые слова: почва, рельеф, плодородие, гумус, техногенная нагрузка, эрозия, смыв, защита, мероприятия

Для цитирования. Шекихачева Л. З. Методологические основы исследования эрозионных процессов в условиях Кабардино-Балкарской Республики // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2022. № 3(37). С. 31–37. doi: 10.55196/2411-3492-2022-3-37-31-37

Original article

Methodological bases for studying erosion processes in the conditions of the Kabardino-Balkarian Republic

Ludmila Z. Shekikhacheva

Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik,
Russia, 360030, sh-ludmila-z@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5987-1500>

Abstract. The assessment of the ecological state of the soil involves determining the correspondence between the processes in the studied soils and their natural counterparts, which makes it possible to identify the permissible value of a particular factor, incl. agrotechnical, established according to the criterion of compliance with the normal functioning of the natural ecosystem. It is shown that the study of erosion processes in areas with an area that in modern land use is similar to the areas of agricultural land of large farms requires taking into account the quantities (factors) that predetermine both the wash itself and its intensity. It has been established that the rate of increase in the humus profile during the formation of various soils is not the same.

The characteristics of the erosion threat of soils are given in accordance with the level of their manifestation for the conditions of Kabardino-Balkaria. As a result of the studies, it was found that the determination of the effect of steepness on soil erosion from slopes in its pure form cannot be performed, since such a process is due to the individual characteristics of an additional set of factors that can only be obtained by studying the relief using different approaches. Therefore, it is necessary to analyze the regional features of the experimental area, which will reduce the errors that arise when using existing mathematical models of water erosion, and at the same time correct them, adapting them to regional conditions.

Keywords: soil, relief, fertility, humus, technogenic load, erosion, washout, protection, measures

For citation. Shekikhacheva L.Z. Methodological bases for the study of erosion processes in the conditions of the Kabardino-Balkarian Republic. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2022;3(37):31–37. (In Russ.) doi: 10.55196/2411-3492-2022-3-37-31-37

Введение. Процесс эрозии почв как результат действия природно-антропогенных факторов, что приводит к деградации плодородного слоя, наносит значительный экологический и экономический ущерб. Чрезмерно интенсивное использование пахотных земель на склонах приводит к нарушению экологически сбалансированного соотношения площадей пашни, природных кормовых угодий, лесов и водоемов. Это негативно сказалось на устойчивости агроландшафтов и обусловило значительную техногенную нагрузку на экосферу.

Одним из наиболее уязвимых природных объектов при интенсивной хозяйственной деятельности является почва, которая постоянно находится под физическими и химическими (техногенными) нагрузками и несбалансированными системами земледелия. Основными причинами потери гумуса являются его минерализация, дефицит поступления в почву органического вещества, водная и ветровая эрозия.

Снижение качественных свойств почвы приводит к значительному сокращению ее продуктивной способности и полезной площади. Нерациональное сельскохозяйственное использование земель, отсутствие профессионального управления землепользованием, вырубка лесов, уничтожение флористической составляющей, использование тяжелой техники в хозяйствовании, несоблюдение ротации севооборотов влекут за собой деградацию земель – явление вполне закономерное, интенсивность которого увеличивается вследствие экстенсивного типа ведения сельскохозяйственного производства.

Глубинный анализ проблемы эродированных земель, факторов их возникновения, а также применение новых подходов в математическом моделировании и картографическом исследовании смыва необходим для установления закономерностей распространения и развития деградационных процессов.

Все большее антропогенное влияние на экосистемы требует новых эффективных методов их мониторинга и диагностики состояния объектов окружающей среды.

Изучение эрозионных процессов на территориях, площади которых в современном землепользовании аналогичны площадям сельскохозяйственных угодий крупных фермерских хозяйств (100-500 га), требует учета величин (факторов), которые предопределяют как сам смыв (эрозионный потенциал осадков, почвозащитная эффективность агрофон рельефа и т.п.), так и его интенсивность. Наличие и их комбинирование влияют на интенсивность процессов почвообразования и деструкции.

Многочисленные исследования процесса водной эрозии показывают, что факторами, непосредственно влияющими на процесс смыва почвы, являются некоторые характеристики рельефа [1–4]. По данным значительного количества исследований, элементами рельефа, формирующими интенсивность эрозии, являются длина и крутизна склона [5–8].

Наличие значительной фактической базы наработок по вопросам морфометрии не решает существующих проблем, связанных с исследованием эрозионных процессов, поскольку установление характеристик основных факторов, определяющих интенсивность эрозионного процесса, зависит от масштаба

выполняемых исследований. Это, прежде всего, объясняется технической возможностью фиксирования таких свойств на разных уровнях исследований. При моделировании водной эрозии мало внимания уделяется почве как главному объекту смыва.

Надежное количественное обоснование почвозащитного, противоэрозионного земледелия и создание экологически сбалансированных агроландшафтов невозможно осуществить без детального определения параметров, влияющих на процессы эрозии.

Цель исследования – разработать методологические основы исследования эрозионных процессов применительно к условиям Кабардино-Балкарской Республики.

Материалы, методы и объекты исследования. Объект исследования – почвы Кабардино-Балкарской Республики. Исследования базируются на результатах анализа методов оценки экологического состояния почв, результатов агроэкомониторинга на основе изучения и обобщения статистических материалов Росстата^{1,2}, Минприроды РФ³.

Результаты исследования. Интенсивность эрозии E_r измеряют по потере почвой его массы m_1 с единицы площади S за единицу времени t и выражают в тоннах на гектар (т/га) или миллиметрах в год (мм/год):

$$E_r = \frac{m_1}{St}.$$

В этих единицах измеряют также скорость почвообразования:

$$W_p = \frac{m_2}{St},$$

где:

- W_p – скорость почвообразования (т/га);
- m_2 – масса образуемого грунта (т);
- S – площадь исследуемого участка (га);
- t – время, за которое происходит процесс почвообразования (год).

¹ Охрана окружающей среды в Российской Федерации в 2010-2020 гг. Статистический сборник. Москва: Росстат России.

² Российский статистический ежегодник 2010-2020 гг. Москва: Росстат России.

³ Государственные доклады «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2010-2020 гг.». Москва: Минприроды РФ.

Сравнение скоростей эрозии и почвообразования указывает степень эрозионной угрозы почвам. Эрозионно опасными почвы считают, когда скорость эрозии превышает скорость образования гумусового профиля почвы $E_r > W_p$. С другой стороны, неровность почвы $E_r < W_p$ характеризует почвенный покров, на котором не происходят деградационные процессы или они незначительны.

Скорость увеличения гумусового профиля при формировании различных почв неодинакова, однако средней считают 0,2 мм/год. Исходя из этого, при интенсивности эрозии, не превышающей 0,2 мм/год, или 2 т/га в год, ее считают близкой к нулю и не принимают во внимание. В таблице 1 приведены характеристики эрозионной угрозы почв в соответствии с уровнем их проявления для условий Кабардино-Балкарии.

Таблица 1. Средневзвешенные значения смыва почв

Table 1. Weighted average values of soil erosion

| Уровень эрозии почвы | Смыв, т/га/год |
|----------------------|----------------|
| Отсутствует | 0-2 |
| Слабый | 3-6 |
| Средний | 6-12 |
| Сильный | 12-16 |
| Катастрофический | 16-20 |

По характеру действия различают две группы факторов водной эрозии (рис. 1).

Первая группа – стимулирующие, которые формируют смыв – рельеф (крутизна, длина, форма, экспозиция склона), климат (количество и энергия осадков, температурный режим, влажность и др.), почва (структурно-агрегатное состояние, водопроницаемость, влагоемкость, пористость), содержание гумуса, почвообразующая порода и т.д. Вторая группа – защитные, способствующие повышению порога устойчивости почвы к смыву – агрофон (защита растительностью), агротехнические мероприятия (поконтурная обработка, строительство валов и т.п.). Установлено влияние стимулирующей или защитной роли основных групп факторов на формирование водной эрозии почвы.

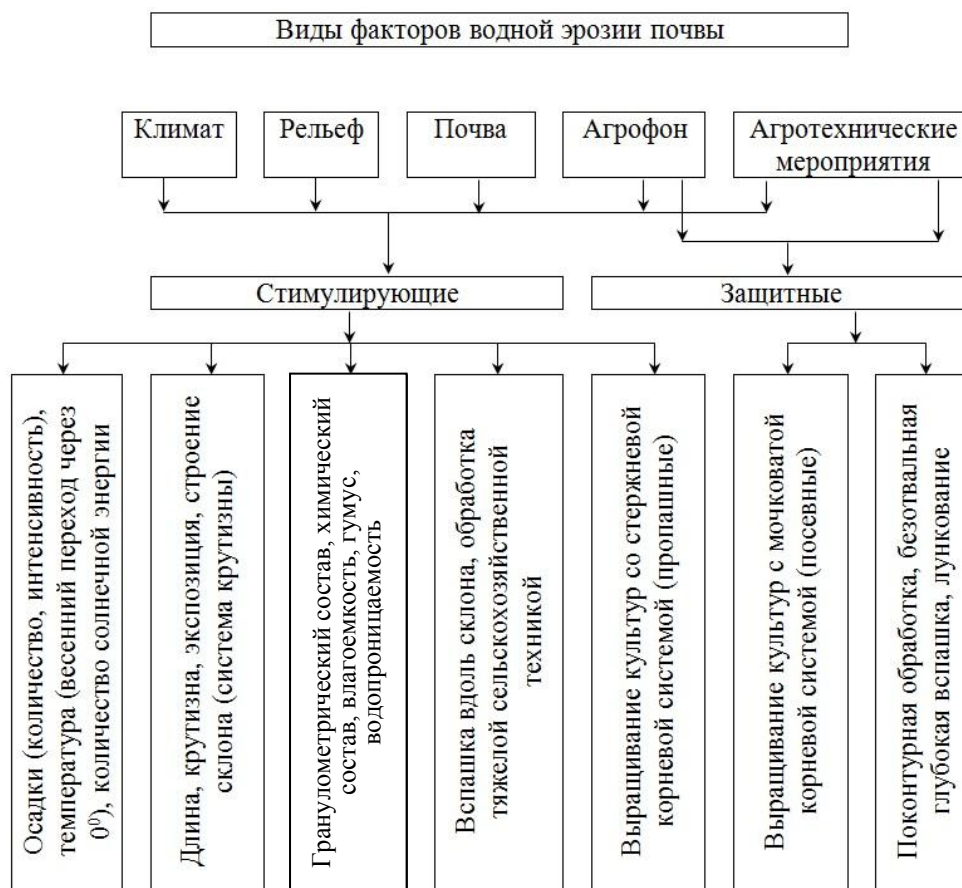


Рисунок 1. Классификационная схема факторов водной эрозии
Figure 1. Classification scheme for water erosion factors

Определение влияния приведенных факторов требует применения существующих исследований в области не только эрозиоведения, но и смежных наук (почвоведения, агрономии, гидрологии, геоморфологии, метеорологии, ландшафтоведения, геоинформационных систем, геодезии, фотограмметрии, землеустройства). При изучении влияния отдельных факторов на интенсивность эрозии следует иметь в виду, что они связаны не только между собой, но и с последствиями эрозии.

Например, система «геоморфологическое строение ↔ рельеф ↔ почва ↔ эродированность» имеет прямое и обратное действие. В первом случае почвообразующие породы определяют тип почвы, гранулометрический состав и химические свойства, а в результате характер смыва, а во втором – факт смыва определяет гранулометрические свойства почвы (структурно-агрегатное состояние, содержание гумуса), морфометрические показатели рельефа (строение склона), а в результате и геоморфологическое строение.

Одним из определяющих факторов водной эрозии являются климатические условия (температура, количество и интенсивность осадков и т.п.).

Особое внимание при учете климатического фактора уделяется осадкам. Воздействие климата на интенсивность водной эрозии почв определяется особенностями конкретных времен года. Различают два типа осадков – дождливые и снеговые. Особенности дождливых являются количество (мм) и интенсивность (мм/мин), которое определяет количество объема смытой почвы. Зависимость интенсивности эрозии от определенного временного отрезка (30 мин) прохождения дождя объясняется добогом поверхностного стока от водораздела до тальвега.

Большинство осадков, поступающих из атмосферы, находятся в жидком состоянии. Особенно разрушающее действие оказывают осадки, имеющие высокие пороговые значения интенсивности – ливни (табл. 2).

Таблица 2. Показатели ливневых дождей
Table 2. Indicators of heavy rains

| Продолжительность, мин | Интенсивность, мм/мин | Количество осадков, мм |
|------------------------|-----------------------|------------------------|
| 5 | 0,5 | 2,5 |
| 30 | 0,23 | 6,9 |
| 60 | 0,2 | 12 |
| 360 | 0,09 | 32,4 |

Во время формирования смыва в зимний период определяющими являются толщина снежного покрова (определяет степень промерзания почвы и объем воды), температурный режим (особенно количество переходов отметки через 0°C) и количество солнечной энергии (попадая на поверхность, формирует степени интенсивности и временной промежуток активного таяния снега). При оценке эрозионной опасности в период снеготаяния необходимо учитывать мощность слоя снежного покрова, который переходит в жидкое состояние талого стока и формирует определенную интенсивность смыва.

Непосредственным объектом воздействия эрозионных процессов является почва. Ее свойства могут выполнять как ускорение (стимулирование), так и замедление (защитная функция) разрушения.

Основными составляющими факторами почвы, которые влияют на интенсивность процесса эрозии, являются гранулометрический состав, содержание гумуса и водопроницаемость. Субъективные данные и их комбинационные варианты формируют показатель, определяющий противозэрозионное сильное или слабое действие конкретного типа почвы.

Почвы, подвергающиеся воздействию водной эрозии, имеют отличный от остальных гранулометрический состав. Соответственно, чем интенсивнее действие негативного процесса, тем меньше процентное содержание пыли и ила в пахотном горизонте, в то же время объем песчаных фракций значительно возрастает.

Не менее важным элементом устойчивости почв к размывам является содержание гумуса. Установлена четкая закономерность роста интенсивности смыва почвы в зависимости от содержания гумуса.

Растительность может выполнять как стимулирующую, так и защитную функцию. Защитная функция заключается в возможности уменьшения ударной силы капель дождя в зависимости от типа корневой системы и ее связующего свойства. После сбора урожая и использования корневых остатков в качестве удобрения увеличивается водопроницаемость, вследствие чего повышается противозэрозионная стойкость. Весенний смыв может уменьшаться благодаря агрофону, что связано, прежде всего, со свойством задержания зимних осадков и их равномерного распределения. В результате происходит уменьшение глубины промерзания грунта, а, соответственно, и смыва тальми водами

В подавляющем большинстве вид севооборота определяет тип возделывания во время вегетационного периода. Комплекс агротехнических мероприятий должен проводиться в соответствии с конкретными условиями, характерными для определенной территории. В таблице 3 приведены значения эффективности почвозащитных способов при борьбе со смывом.

Таблица 3. Эффективность обработки черноземов
Table 3. Efficiency of chernozem processing

| Агротехнические мероприятия | Объемы смывой почвы, т/га |
|---|---------------------------|
| Зяблевая вспашка поперек склона | 5,9 |
| Глубокая пахота на 30-35 см | 2,7 |
| Пахота с прерывистой бороздой | 7,5 |
| Безотвальная, плоскорезная обработка пара | 7,4 |
| Снегозадержание | 3,0 |
| Полосное уплотнение снега | 3,5 |

Рельеф земной поверхности является совокупностью геометрических форм, одним из основных факторов, обуславливающих и формирующих различные геодинамические процессы как результат взаимодействия эндо- и экзогенных процессов различных масштабов их проявления.

Выводы. Определение влияния крутизны на смыв почвы со склонов в чистом виде не может выполняться, поскольку такой процесс обусловлен индивидуальными характе-

ристиками дополнительного набора факторов, которые можно получить только при изучении рельефа разными подходами. Поэтому необходимо провести анализ региональных особенностей опытной территории.

Это позволит уменьшить погрешности, возникающие при использовании существующих математических моделей водной эрозии, и одновременно скорректировать их, адаптировав к региональным условиям.

Список литературы

1. Мотузова Г. В., Безуглова О. С. Экологический мониторинг почв. Москва: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. 237 с.
2. Патова Е. Н., Кузнецова Е. Г. Экологический мониторинг: учебное пособие. Сыктывкар: СЛИ, 2013. 52 с.
3. Калинин В. М., Рязанова Н. Е. Экологический мониторинг природных сред: учебное пособие. Москва: НИЦ ИНФРА-М, 2015. 203 с.
4. Гогмачадзе Г. Д. Агроэкологический мониторинг почв и земельных ресурсов Российской Федерации. Москва: Издательство Московского университета, 2010. 587 с.
5. Апажев А. К., Шекихачев Ю. А., Пазова Т. Х. и др. Математическое моделирование процесса возникновения водной эрозии // АгроЭкоИнфо. 2020. № 2(40). С. 20.
6. Шекихачева Л. З. Научно обоснованные принципы почвозащитной системы земледелия // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2021. № 4(34). С. 86–90.
7. Шекихачева Л. З. Методические основы диагностики эродированности почв // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2021. № 2(32). С. 108–114.
8. Апажев А. К., Шекихачев Ю. А. Анализ последствий антропогенного воздействия на окружающую среду // Сборник научных трудов XI Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Нальчик, 2021. С. 65–69.

References

1. Motuzova G.V., Bezuglova O.S. *Ekologicheskij monitoring pochv* [Ecological monitoring of soils]. Moscow: *Akademicheskij Proekt; Gaudeamus*, 2007. 237 p. (In Russ.)
2. Patova E.N., Kuznecova E.G. *Ekologicheskij monitoring* [Environmental Monitoring]: *uchebnoe posobie*. Syktyvkar: SLI, 2013. 52 p. (In Russ.)
3. Kalinin V.M., Ryazanova N.E. *Ekologicheskij monitoring prirodnyhsred* [Ecological monitoring of natural environments]: *uchebnoe posobie*. Moscow: NIC INFRA-M, 2015. 203 p. (In Russ.)
4. Gogmachadze G.D. *Agroekologicheskij monitoring pochv i zemel'nyh resursov Rossijskoj Federacii* [Agroecological monitoring of soils and land resources of the Russian Federation]. Moscow: *Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta*, 2010. 587 p. (In Russ.)
5. Apazhev A.K., Shekihachev Yu.A., Pazova T.H., Shekihacheva L.Z., Kurmanova M.K. *Matematicheskoe modelirovanie processa voznikoveniya vodnoj erozii* [Mathematical modeling of the process of water erosion occurrence]. *AgroEkoInfo*. 2020;2 (40):20. (In Russ.)
6. Shekikhacheva L.Z. Scientifically based principles of soil protection system of agriculture. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2021;4(34):86–90. (In Russ.)
7. Shekikhacheva L.Z. Scientifically based recommendations for organization and technology of laying gardens. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2021;2(32):108–114. (In Russ.)
8. Apazhev A.K., Shekihachev Yu.A. Analysis of the consequences of anthropogenic impact on the environment. *V sbornike: Sbornik nauchnyh trudov XI Vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoy konferencii*. [Collection of scientific papers of the XI All-Russian (national) scientific and practical conference] Nal'chik, 2021. P. 65–69. (In Russ.)

Сведения об авторе

Шекхачева Людмила Зачиевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры землеустройства и экспертизы недвижимости, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 6853-7172, Author ID: 480041, Scopus ID: 57211228810, Researcher ID: AAF-8391-2019

Information about the author

Ludmila L. Shekikhacheva – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Land Management and Real Estate Expertise, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 6853-7172, Author ID: 480041, Scopus ID: 57211228810, Researcher ID: AAF-8391-2019

*Статья поступила в редакцию 29.07.2022;
одобрена после рецензирования 22.08.2022;
принята к публикации 24.08.2022.*

*The article was submitted 29.07.2022;
approved after reviewing 22.08.2022;
accepted for publication 24.08.2022.*