

DOI 10.21672/2077-6322-2021-81-2-145-152

ПОЧВА КАК ОСНОВНОЙ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР, ФОРМИРУЮЩИЙ ЛАНДШАФТЫ

Столярова Елена Михайловна, кандидат географических наук, доцент, Астраханский государственный университет, Российская Федерация, 414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, elena_astra@inbox.ru

Вайчулис Герман Виссарионович, студент, Астраханский государственный университет, Российская Федерация, 414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, 222106@mail.ru

В настоящий момент в почвоведении сформировалась устойчивая тенденция, согласно которой почва рассматривается и признается не только результатом, который был достигнут по итогам процесса почвообразования, но и одновременно в качестве полифункциональной природной структуры, имеющей колоссальное значение с точки зрения формирования уже существующих ландшафтов и вновь формируемых, а также надлежащего функционирования экосистемы, как таковой. Цель работы – всесторонний и полный анализ почвы как основного геоэкологического фактора, формирующего ландшафты. Анализ научной литературы по данной тематике, синтез, системно-структурный метод, метод сравнительного анализа. В статье рассматриваются основные экологические функции почв: глобальные (атмосферные, гидро-сферные, литосферные, общебиосферные) и биогеоценозические (экосистемные). Важнейшие биогеоценозические функции почв обусловлены физическими, физико-химическими, химическими свойствами почв. Отмечено, что физическими свойствами почв обусловлены такие функции, как среда обитания, жизненное пространство почвенных организмов и растений; химическими свойствами как источник элементов питания и энергии; физико-химическими свойствами как сорбция минеральных и органических веществ, микроорганизмов, ферментов, воды. Почвы в биогеоценозах выполняют также функции информационные, функции сохранения и поддержания биоразнообразия, санитарные и т. д. Рассмотрение различных категорий функций почвы в системе ее биогеоценозических, ландшафтных и биосферных взаимодействий позволяет прийти к заключению, что экологическая многофункциональность почвы является ее фундаментальной чертой.

Ключевые слова: почва, многофункциональная система, роль почвенного покрова в биосфере, биогеоценозические и глобальные функции, среда обитания, биологический круговорот веществ и энергии, биологическая продуктивность

SOIL AS A MAIN GEOECOLOGICAL FACTOR FORMING LANDSCAPES

Stolyarova Elena M., Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Astrakhan State University, 1 Shaumyana Sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation, elena_astra@inbox.ru

Vaychulis German V., student, Astrakhan State University, 1 Shaumyana Sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation, 222106@mail.ru

The relevance of the work. At the moment, a stable trend has formed in soil science, according to which the soil is considered and recognized not only as a result that was achieved as a result of the process of soil formation, but also simultaneously as a multifunctional natural structure, which is of colossal importance in terms of the formation of existing landscapes and newly formed and the proper functioning of the ecosystem as such. *Purpose of work.* Comprehensive and complete analysis of soil as the main geoeological factor shaping landscapes. Methodology of work. Analysis of scientific literature on this topic, synthesis, system-structural method. Method of comparative analysis. *Results of work.* The article discusses the main ecological functions of soils: global (atmospheric, hydrospheric, lithospheric, general biosphere) and biogeocenotic (ecosystem). The most important biogeocenotic functions of soils are determined by the physical, physicochemical, and chemical properties of soils. It is noted that the physical properties of soils determine such functions as habitat, living space of soil organisms and plants; chemical properties as a source of nutrients and energy; physicochemical properties such as sorption of mineral and organic substances, microorganisms, enzymes, water. Soils in biogeocenoses also perform informational functions, the functions of preserving and maintaining biodiversity, sanitary, etc.

Conclusions. Consideration of various categories of soil functions in the system of its biogeocenotic, landscape and biospheric interactions allows us to conclude that the ecological multifunctionality of the soil is its fundamental feature.

Keywords: Soil, multifunctional system, the role of soil cover in the biosphere, biogeocenotic and global functions, habitat, biological circulation of substances and energy, biological productivity

Современное почвоведение рассматривает почву не только как результат почвообразовательного процесса, но и как полифункциональную природную структуру, играющую огромную роль в формировании уже существующих ландшафтов и вновь формируемых, а так же непосредственно во всей существующей экосистеме планеты.

Ухудшение состояния почвенного покрова планеты влияет на смежные биогосферные оболочки Земли – атмосферу, гидросферу, литосферу, биосферу, ноосферу, социосферу. Данный факт является главным экологическим вызовом настоящего времени.

Большинство экологических проблем невозможно решать без привлечения почвы, как незаменимого и невозобновляемого жизнеобеспечивающего компонента биосферы на всех ее структурных уровнях. Почва формируется в результате совокупного взаимодействия экологических факторов почвообразования, в то же время впоследствии сформировавшаяся почва сама выполняет важную экологическую роль, трансформируя экологические факторы, экологическую среду.

В настоящее время почвы рассматриваются как многофункциональные природные системы, обеспечивающие циклический характер воспроизводства жизни на земной суше [2; 4]. Роль почвенного покрова в биосфере и жизни человека не ограничивается только производством продуктов питания в качестве основного средства сельскохозяйственного производства. В настоящее время накопилось много доказательств об исключительном значении почвы в нормальном функционировании всех поверхностных оболочек Земли – литосферы, атмосферы, гидросферы и биосферы, об экологических функциях почвы и почвенного покрова, в целом экологической роли почв, благодаря которым обеспечивается благополучие биосферы и человеческого общества. По В. И. Вернадскому [2], почвенный покров является связующим звеном всех компонентов геосфер Земли – литосферы, гидросферы, атмосферы, биосферы. Вместе с живыми организмами почвы формируют сложные экологические системы, регулирующие многие процессы, протекающие на земной поверхности, в водоемах и в приземном слое атмосферы.

Многочисленные экологические функции почв в той или иной степени рассматривались в работах В. В. Докучаева, Ю. Либиха, В. Р. Волобуева, Э. Д. Рассела, Л. Г. Раменского, В. Р. Вильямса, В. А. Ковды, Б. Г. Розанова, Л. О. Карпачевского, О. Г. Чертова и др.

Но развитие учения о почвенных экологических функциях связано, прежде всего, с именами выдающихся почвоведов современности Г. В. Добровольского и Е. Д. Никитина, обобщающие труды которых до сих пор являются базовыми [4]. Именно ими была создана первая классификация биогосферных (экосистемных) и глобальных почвенных функций, дано систематическое описание известных и вновь установленных экологических функций, заложены основы рационального использования и охраны почвенных ресурсов и обоснована необходимость обязательного их учёта при этом.

Все экологические функции почвы Г. В. Добровольский [4] обобщил следующим образом:

1. Почва – это уникальная среда обитания наземных организмов, обеспечивающая почвенную биоту водой, воздухом, минеральными и органическими элементами питания, защиту от экстремальных гидротермических и других колебаний внешней среды.

2. Почва выполняет в экосистемах функцию связующего звена в биологическом круговороте веществ и энергии. Почвенный покров Земли также представляет собой связующее звено в биосфере между атмосферой, гидросферой и литосферой.

3. Биологическая продуктивность, т.е. плодородие почв, является основным источником питания не только человечества, но и всего наземного мира живых существ.

Особо следует отметить общебиосферные (глобальные) функции почвенного покрова.

Невозможно переоценить ресурсный потенциал органического вещества почв в формировании источников и стоков атмосферных газов, формировании состава атмосферы и регулировании климата планеты. Гумусовые горизонты почв, торфяники, подводные почвы, древние органогенные и современные болотные почвы, погребенный гумусированный мелкозем вывели из атмосферы прошлого огромное количество углекислоты. При этом баланс углекислого газа в экосистемах и его поступление в атмосферу определяется соотношением скоростей двух глобальных процессов – эмиссии CO_2 в результате дыхания почвенных гетеротрофов, разлагающих опад, и стока CO_2 в виде чистой первичной продукции.

Регулирование газового состава, несомненно, является важнейшей атмосферной функцией почвенного покрова, но этим не ограничивается его влияние на атмосферу.

Взаимодействие почвы с атмосферой осуществляется за счет обмена твердым тонкодисперсным материалом и микроорганизмами. Это происходит благодаря наличию потоков воздушных масс, способных выдувать с поверхности почв частицы мелкозёма и переносить их аэральным путем, часто на весьма значительные расстояния, с последующим переотложением. В результате этого происходит обмен минеральными и органическими веществами и микроорганизмами между ландшафтами, удаленными друг от друга на многие сотни и даже тысячи километров.

Фильтруясь через почвенный покров, атмосферные осадки воспринимают зональные и региональные особенности химического и минералогического состава почв [10]. Например, вынос магния и нитратов с дренажным стоком на осушенном массиве превышает предельно допустимые концентрации в 5–7 раз [10]. Неслучайно В. И. Вернадский связывал с биохимическими процессами в почвах не только загрязненность грунтовых вод, но даже и солевой состав морской воды [2; 4].

Важнейшая литосферная функция почвенного покрова заключается в том, что он представляет собой защитную экранирующую оболочку, предохраняющую литосферу от разрушающего воздействия экзогенных агентов.

Почвенный покров – важный регулятор взаимодействия биологического и геологического круговоротов и, следовательно, при нарушении почвенной оболочки Земли неизбежно возникают глубокие изменения в сложившихся геохимических потоках биосферы. Таким образом, ненарушенный покров оказывается также защитным барьером и условием нормального функционирования биосферы, в целом. В этом заключается его еще одна весьма важная глобальная экологическая функция.

Одной из наиболее важных является функция почвы как фактора биологической эволюции. Специфичность почвы, отмечает М. С. Гиляров [3], как совершенно особого естественно-исторического тела, позволила В. В. Докучаеву выделить ее в качестве «четвертого природного тела». Оценивая роль почвы в эволюционном процессе, М. С. Гиляров [3] обращает в первую очередь внимание на то, что почвенная оболочка по своим главнейшим экологическим особенностям может рассматриваться как среда промежуточная (между водной и воздушной), через которую возможен постепенный переход от водного образа жизни к наземному без резкого изменения организации живого. Такая особенность почвы определяется прежде всего водно-воздушными ее свойствами, по которым она является как бы промежуточной между водой и атмосферой.

Свойства почвы как среды обитания сыграли исключительную роль в эволюции животного мира, одной из характерных особенностей которой явилось постепенное освоение не только почвы, но и других сред, в том числе воздушной, требовавшее, как правило, значительных адаптационных изменений организма. Тенденция к выходу на поверхность отмечена даже у таких типичных обитателей почвы, какими являются, к примеру, дождевые черви.

Вершиной всех охарактеризованных экологических функций почвы выступает её плодородие, обеспечивающее возможность существования жизни на континентах в современной форме, а также жизнь и хозяйственную деятельность человека. Негативное антропогенное воздействие снижает почвенное плодородие, продуктивность и устойчивость экосистем, количество и качество сельскохозяйственной продукции, ухудшение здоровья и качество жизни населения, сокращает продолжительность жизни.

Нарушение общебиосферных функций, выполняемых почвой, в результате целого комплекса причин в настоящее время принимает планетарный характер. Этот процесс вносит свой отрицательный вклад в развитие глобального экологического кризиса и создаёт угрозу стабильного существования биосферы [17].

Функции почв в наземных экосистемах (биогеоценозах) или, иначе, биогеоценоотические (экосистемные) функции почв стали рассматриваться во всем своем разнообразии и совокупности лишь в 70–80 гг. XX в. Основной причиной запоздалого интереса к столь важной проблеме можно считать господство упрощенного понимания экологического значения почвы, сводимого, как правило, к трактовке почвы как источника элементов питания и механической опоры растений. Однако первый же специальный анализ биогеоценоотических функций почвы вскрыл их неожиданно большое разнообразие. Было выделено более 10 почвенных функций, объединенных в отдельные группы по контролирующим их свойствам и параметрам почв [8].

Все биогеоценоотические (экосистемные) функции объединены в несколько групп по контролирующим их свойствам и параметрам почвы (схема).

Рассмотрим их более подробно:

Первая группа – почвенные функции, зависящие от физических свойств: почва представляет собой жизненное пространство; для животных – это жилище и убежище; для растений механическая опора, а также депо семян и других зачатков жизни.

В качестве жизненного пространства почву использует огромное количество живых организмов, представляющих различные систематические группы.



Схема. Биогеоценоотические (экосистемные) функции объединены в несколько групп по контролирующим их свойствам и параметрам почвы (сост. авторами)

Почва предохраняет многие живые организмы от колебания температур, защищает от хищников, дает возможность пережить неблагоприятное время года и тем самым выполняет функцию жилища. Эта защитная способность почвы связана с тем, что температура и влажность воздуха в ней подвержены значительно менее резким колебаниям, чем на поверхности. Экстремальные условия среды (слишком низкие или слишком высокие температуры в тундре, пустыне), резкие смены погоды делают эту функцию почвы особенно важной.

Благодаря почве растения сохраняют свое вертикальное положение, противостоят ветровалам и силе тяжести. Главный способ пространственной фиксации растений – закрепление в почве с помощью корней.

Почва является наиболее универсальным субстратом для хранения различных зачатков жизни: спор, цист, семян, личинок, яиц и т. п. Способность почвы сохранять зачатки организмов обусловлена ее многофазностью, многокомпонентностью, наличием в ней локусов и горизонтов, отличающихся по влагообеспеченности, кислотности, содержанию кислорода, органики, в ней не происходит резких изменений температуры и влажности.

Вторая группа – почвенные функции, связанные преимущественно, с ее химическими, физико-химическими и биохимическими свойствами: почва служит источником питания; она дает влагу, питание и энергию; аккумулирует вещества, поступающие из атмосферы и с грунтовыми водами; в ней сосредотачиваются микроорганизмы; почва стимулирует или подавляет биохимические и другие процессы происходящие в ней.

Протекание выше перечисленных функций зависит от того сколько содержит почва гумуса, элементов минерального питания, её влагоемкости, щелочно-кислотного и окислительно-восстановительного условия, активности ферментов и др.

Третья группа – информационные функции почвы: реакция для ряда сезонных и других биологических процессов; регуляция численности, состава и структуры биоценозов; пусковой механизм некоторых сукцессий; «память» биогеоценоза.

Суть информационного подхода почвы заключается в том, что почва рассматривается как своего рода «память» ландшафта (экосистемы, биогеоценоза); она служит регулирующим фактором численности, состава и структуры биоценоза; почва как некий сигнал для сезонных и других биологических процессов, главная реакция на воздействие её извне.

Согласно концепции В. О. Таргульяна и И. А. Соколова [14], почвенное тело состоит из почвы-памяти – комплекса устойчивых свойств и признаков, возникающих в ходе всей истории ее развития, и почвы-момента – совокупности наиболее изменчивых процессов и свойств почвы в момент наблюдения. Почва из всех компонентов экосистемы, обладает выраженной способностью к отражению факторов географической среды. Она сохраняет в генетическом профиле наибольшее количество информации, где либо в экосистеме. Благодаря этой функции почве-памяти, происходит некое накопление и сохранение информации о временных отрезках развития географической среды, а с помощью почвы-момента происходит быстрое отражение существующих изменений этой среды.

Однако периодические преобразования генетического профиля приводят не только к определенной утрате имеющейся информации, но и затрудняют ее расшифровку. Трудность расшифровки информации сильно осложняется тем, что законы ее наложения, усиления и стирания исследованы пока недостаточно.

Большинство почв оказывает активное влияние на формирование состава и структуры современных наземных биоценозов и экосистем, так как формировались как многокомпонентные сложные организованные системы в течение длительного временного отрезка.

Четвертая группа – целостные биогеоценозические функции почвы: она включает в себя происходящую аккумуляцию и трансформацию веществ и энергии, находящихся в биогеоценозе или поступающих в него; санитарную функцию; буферный и защитный биогеоценозический экран; условия, от которых зависит существование и эволюция организмов.

Значимой стороной данной функции является защита почвой биогеоценозов от механического разрушения под действием различных факторов: воды, ветра, силы тяжести, что происходит за счет таких положительных свойств почвы, как способность противостоять водной эрозии, удерживать растения в вертикальном положении, противодействовать распылению мелкозема и другим, не менее значимым функциям. Данные свойства, присутствуют и хорошо развиты у целинных видов, но в последствие ухудшаются в результате обработки земель. Однако комплекс мелиоративных мероприятий может не только сохранить эти свойства, но и улучшить их, особенно в случае малопродуктивных почв.

Пятая группа – санитарные функции почвы, под которой понимается способность почвы перерабатывать ежегодно попадающие в неё и на ее поверхность отходы жизнедеятельности организмов, растительный опад, останки животных и антропогенные загрязнения, которые в свою очередь локально или полностью обезвреживаются почвой.

Шестая группа – функции почвы, связанные с трансформацией вещества и энергии в биогеоценозах. Проявление данной функции предполагает работу почвы как сложноорганизованной системы, способной изменять и трансформировать различные типы природных соединений – косных, биокосных и органогенных. При реализации данной функции, прежде всего, происходит преобразование почвообразовательным процессом исходного вещества материнских пород и продуктов, поступающих с пылью, атмосферными осадками, поверхностными и грунтовыми водами, растительными остатками. В результате этого преобразования, почва приобретает благоприятные свойства для поселяющихся на ней биоценозов и формирующихся ландшафтов.

Учение о почвенных экологических функциях открывает новые грани о роли почвы и отдельных ее свойств в наземных экосистемах и в важнейших биосферных процессах, а также в функционировании других геосфер Земли и социосферы и обосновывает необходимость функционально-экологического подхода к проблеме сбережения почв и почвенного покрова в единой системе охраны окружающей природной среды в целом [11].

Знание и учет экологических свойств и функции почвы исключительно важно в организации сохранения природных ресурсов, что возможно только при сохранении почв и почвенного покрова в целом.

В настоящее время вполне определенно установлено, что устойчивость экологических функций почв является основным условием устойчивости биосферы в целом, а, следовательно, и устойчивости обеспечения жизни на Земле.

Итак, почва является тем узлом, который всё в природе – живое и неживое – связывает воедино, обуславливая её нормальное функционирование без нее невозможно существование современных ландшафтов и вновь формирующихся. Недоучёт экологической полифункциональности почв и многообразия их взаимодействия с различными компонентами природы может привести к всё более неустойчивому состоянию биосферы Земли с признаками глобализации катастрофических процессов.

Почва является неотъемлемой частью любого наземного биогеоценоза из которых состоят уже существующие и формирующиеся ландшафты и биосфера в целом и выполняет множество экологических функций, которые обеспечивают жизнь всех организмов, связанных с ней. Важность их определяется той сложной и многогранной ролью, которую почва играет в состоянии и функционировании экосистем суши и биосферы в целом.

Список литературы

1. Бабьева, И. П. Биология почв / И. П. Бабьева, Г. М. Зенова. – М. : Московский ун-т, 1989. – 336 с.
2. Вернадский, В. И. Проблемы биогеохимии / В. И. Вернадский. – М. : Наука, 1980. – 250 с.
3. Гиляров, М. С. Особенности почвы как среды обитания и ее значение в эволюции насекомых / М. С. Гиляров. – М. : АН СССР, 1949. – 282 с.
4. Добровольский, Г. В. Функции почв в биосфере и экосистемах / Г. В. Добровольский, Е. Д. Никитин. – М. : Наука, 1990. – 270 с.
5. Звягинцев, Д. Г. Почва и микроорганизмы / Д. Г. Звягинцев. – М. : Московский ун-т, 1987. – 256 с.
6. Зубкова, Т. А. Почва как информационная система / Т. А. Зубкова, Л. О. Карпачевский // Матер. научной сессии по фундаментальному почвоведению. – М., 2004. – С. 60–61.
7. Камшилов, М. М. Эволюция биосферы / М. М. Камшилов. – М. : Наука, 1874. – 75 с.
8. Карпачевский, Л. О. Экологическое почвоведение / Л. О. Карпачевский. – М. : ГЕОС, 2005. – 335 с.
9. Карпачевский, Л. О. Почва в современном мире. Опыт популярного изложения вопросов современного почвоведения / Л. О. Карпачевский, Т. А. Зубкова, Н. О. Ковалева, И. В. Ковалев, Ю. Н. Ашинов. – Майкоп : Полиграф-Юг, 2008. – 164 с.
10. Ковалев, И. В. Эколого-функциональная роль почв в развитии цивилизации / И. В. Ковалев, Н. О. Ковалева // История и современность. – 2009. – № 1. – С. 93–114.
11. Ковда, В. А. Роль и функции почвенного покрова в биосфере Земли / В. А. Ковда. – Пушкино : ОНТИ НЦБИ, 1985. – С. 1–10.
12. Кудяров, В. Н. Вклад почвы в баланс CO₂ атмосферы на территории России / В. Н. Кудяров // Доклады РАН. – 2000. – Т. 375, № 2. – С. 275–277.
13. Почвоведение (под ред. В. А. Ковды, Б. Г. Розанова). – М. : Высшая школа, 1988. – Ч. 1, 2. – 400 с.
14. Соколов, И. А. Взаимодействие почвы и среды: почва-память и почва-момент / И. А. Соколов, В. О. Таргульян // Изучение и освоение природной среды. – М. : Наука, 1976. – С. 150–164.
15. Соколов, И. А. Взаимодействие почвы и среды: рефлекторность и сенсорность почв / И. А. Соколов, В. О. Таргульян // Системные исследования природы: Вопросы географии. – 1977. – № 104. – С. 153–170.
16. Хазиев, Ф. Х. Почва и биоразнообразии / Ф. Х. Хазиев // Экология. – 2011. – № 3. – С. 184–190.
17. Хазиев, Ф. Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв / Ф. Х. Хазиев. – М. : Наука, 1982. – 203 с.

References

1. Babieva, I. P., Zenova, G. M. *Biologiya pochv* [Soil biology]. Moscow, Moscow State University Publ. House, 1989, 336 p.
2. Vernadsky, V. I. *Problemy biogeokhimii* [Problems of biogeochemistry]. Moscow, Nauka Publ. House, 1980, 250 p.
3. Gilyarov, M. S. *Osobennosti pochvy kak sredy obitaniya i ee znachenie v evolyutsii nasekomykh* [Features of soil as a habitat and its importance in the evolution of insects]. Moscow, Academy of Sciences of the USSR Publ. House, 1949, 282 p.
4. Dobrovolsky, G. V., Nikitin, E. D. *Funktsii pochv v biosfere i ekosistemakh* [Soil functions in the biosphere and ecosystems]. Moscow, Nauka Publ. House, 1990, 270 p.
5. Zvyagintsev, D. G. *Pochva i mikroorganizmy* [Soil and microorganisms]. Moscow, Moscow State University Publ. House, 1987, 256 p.
6. Zubkova, T. A., Karpachevsky L. O. *Pochva kak informatsionnaya sistema* [Soil as an information system]. Moscow, 2004, pp. 60–61.
7. Kamshilov, M. M. *Evolutsiya biosfery* [Evolution of the biosphere]. Moscow, Nauka Publ. House, 1874, 75 p.
8. Karpachevsky, L. O. *Ekologicheskoe pochvovedenie* [Ecological soil science]. Moscow, GEOS Publ. House, 2005, 335 p.

9. Karpachevsky L. O., Zubkova T. A., Kovaleva N. O., Kovalev I. V., Ashinov Yu. N. *Pochva v sovremennom mire. Opyt populyarnogo izlozheniya voprosov sovremennogo pochvovedeniya* [Soil in the modern world. Experience in the popular presentation of questions of modern soil science]. Maykop, Polygraph-Yug Publ. House, 2008, 164 p.
10. Kovalev, I. V., Kovaleva, N. O. *Ekologo-funktsionalnaya rol pochv v razviti tsvilizatsii* [Ecological and functional role of soils in the development of civilization]. *Istoriya i sovremennost* [History and modernity]. 2009, no 1, pp. 93–114.
11. Kovda, V. A. *Rol i funktsii pochvennogo pokrova v biosfere Zemli* [The role and function of the soil cover in the Earth's biosphere]. Pushchino, ONTI NCBI Publ. House, 1985, pp. 1–10.
12. Kudayarov, V. N. *Vklad pochvy v balanse SO₂ atmosfery na territorii Rossii* [Contribution of soil to the balance of atmospheric CO₂ in the territory of Russia]. *Doklady RAN* [RAS reports]. 2000, vol. 375, no 2, pp. 275–277.
13. *Pochvovedenie* [Soil science]. Ed. by V. A. Kovda, B. G. Rozanov. Moscow, Vyshsaya shkola Publ. House, 1988, parts 1–2, 400 p.
14. Sokolov I. A., Targulian V. O. *Vzaimodeystvie pochvy i sredy: pochva-pamyat i pochva-moment* [The interaction of soil and environment: soil-memory and soil-moment]. *Izuchenie i osvoenie prirodnoy sredy* [Study and development of the natural environment]. Moscow, Nauka Publ. House, 1976, pp. 150–164.
15. Sokolov I. A., Targulian V. O. *Vzaimodeystvie pochvy i sredy: reflektornost i sensornost pochv* [Interaction of soil and environment: reflexivity and sensibility of soils]. *Sistemnye issledovaniya prirody: Voprosy geografii*. [Systematic studies of nature: Questions of geography]. 1977, no 104, pp. 153–170.
16. Khaziev F. Kh. *Pochva i bioraznoobrazie* [Soil and biodiversity]. *Ekologiya* [Ecology]. 2011, no 3, pp. 184–190.
17. Khaziev F. Kh. *Sistemno-ekologicheskyy analiz fermentativnoy aktivnosti pochv* [System-ecological analysis of the enzymatic activity of soils]. Moscow, Nauka Publ. House, 1982, 203 p.