

Почвоподобные образования техногенных ландшафтов: история изучения, терминология, современные аспекты (обзор)

© 2017. В. С. Артамонова¹, д. б. н., в. н. с.,

С. Б. Бортникова², д. б. н., зав. лабораторией,

¹ Институт почвоведения и агрохимии СО РАН,
630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 8/2,

² Институт нефтегазовой геологии им. А. А. Трофимука СО РАН,
630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3,
e-mail: artamonova@issa.nsc.ru, bortnikovasb@ipgg.sbras.ru

Интенсивная добыча полезных ископаемых и их промышленная переработка неизбежно сопровождаются изъятием из оборота сельскохозяйственных и лесных угодий. Отчуждение земель в Сибири происходит с потерей наиболее плодородных почв. В пределах исторически сформированного почвенного покрова появляются техногенные ландшафты, большая часть которых обязана насыпным отвалам вскрышных и вмещающих пород. Их поверхность со временем выветривается, выщелачивается, заселяется биотой. Из таких минеральных субстратов образуются почвоподобные тела. Они характеризуются высокой вариабельностью содержания мелкозёма, биогенности и гумусонакопления, послонной дифференциацией минеральной толщи. Современные признаки почвоподобия выявляются в посттехногенный период естественного преобразования отвалов в разных природных зонах. Ограничивающим фактором развития почвоподобных тел как живых объектов является геохимическое наследство глубинных пород. В представленном обзоре прослежены основные этапы изучения почвоподобных образований и развития понятийно-терминологического аппарата.

Отмечено, что фундаментальные и прикладные исследования почвоподобных тел техногенных ландшафтов зарождались в научных центрах Украины и России (на Урале, в Сибири, на Дальнем Востоке) в прошлом веке. Поиск решений восстановления экологических и хозяйственных почвенных функций в условиях техногенеза отразился на формировании широкого набора терминов. Принимая во внимание это обстоятельство, целесообразно помнить их исходное предназначение и корректно использовать в комплексном мониторинге современного почвообразования. Безусловно, нарастающий объём знаний о новообразованных почвах на техногенных минеральных субстратах закрепляется в словах и их значениях, вследствие чего лексических приобретений в языке почвенной науки следует ожидать и дальше. Компьютерные технологии неизбежно привнесут в почвоведение новый словарный запас, формируют новый языковой стиль – стиль эпохи информационного развития. Авторы статьи полагают, что сегодня в фундаментальном и прикладном почвоведении важно придерживаться терминов (слов или словосочетаний), которые присущи современной научной лексике и несут логическую информацию о почвообразовании в техногенных ландшафтах.

Ключевые слова: техногенные ландшафты, геохимический состав, глубинные породы, почвоподобные образования, биогенность.

Soil-like formation in technogenic landscapes: history of study, terminology, modern aspects (review)

V. S. Artamonova¹, S. B. Bortnikova²,

¹ Institute of Soil Science and Agrochemistry Siberian Branch Russian Academy of Science,
8/2 Lavrentiev Prospect, Novosibirsk, Russia, 630090,

² Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS,

³ Koptuyug Prospect, Novosibirsk, Russia, 630090,
e-mail: artamonova@issa.nsc.ru, bortnikovasb@ipgg.sbras.ru

Intensive mining and industrial processing are inevitably accompanied by withdrawal of agricultural and forest land from the turnover. Alienation of land under mining in Siberia is accompanied by loss of the most fertile soils. Within historically formed soil areas technogenic landscapes appear, most of them result from piles of waste rocks. Their surface is weathered, leached, and gets populated with biota over time. Soil-like bodies are formed of these mineral substrates. They are characterized by a high variability of the content of fine earth, nutrients and humus accumulation, stratified differentiation of mineral strata. In post technogenic period modern signs of soil-like formation are detected during natural transformation of waste rock in different natural zones. The limiting factor in the development of soil-like bodies as living

objects is geochemical peculiarities of rocks. In this review we traced the main stages of studying soil-like formations on mineral substrates and the development of conceptual and terminological apparatus. It was noted that basic and applied research of soil-like bodies of technogenic landscapes had been born in research centers of Ukraine and Russia (the Urals, Siberia, Far East) in the last century. Looking for solutions to environmental and economic restoration of soil functions in conditions of technogenesis lead to formation of a wide range of terms. Taking into account this circumstance, it is appropriate to remember their original purpose, and to correctly use them in modern integrated monitoring of soil formation. Of course, the growing amount of knowledge about soil formation in technogenic mineral substrates is attached to words and their meanings, as a result new terms of soil science should be expected to continue appearing. Computer technology will inevitably bring a new vocabulary in soil science, and form a new language style – the style of the era of informational development. The authors believe that today in basic and applied soil science it is vital to adhere to the terms (words or phrases) which are inherent in the modern scientific vocabulary and contain logical information on soil formation in technogenic mineral substrates.

Keywords: technogenic landscapes, geochemical composition, rocks, soil-like formation, biogenesis.

Эволюционно сформировавшиеся (зрелые, полнопрофильные) почвы – один из важнейших ресурсов жизнеобеспечения людей на нашей планете. Такие почвы выполняют две основные функции: экологическую и биогеохимическую, точнее, группы функций [4]. По мнению Г. В. Добровольского и Е. Д. Никитина [2], экологические функции – это совокупность биогеоценологических и глобальных. По мнению В. И. Кирюшина [3], к экологическим функциям относятся те, что обеспечивают жизнеобитание организмов и связаны с регулированием влаго-, газо- и теплообмена в биосфере и поддержанием биоразнообразия. Однако в условиях техногенеза почва, как живое тело, испытывает чрезвычайные нагрузки, которые обуславливают потерю экологических и производственных функций, её гибель. Сокращение почвенных запасов – это утрата национального достояния нашей страны.

Тенденция разрушения исторически сложившегося почвенного покрова при разведке и добыче подземных ресурсов наблюдается во всём мире, и наша страна – не исключение. В России проблема восстановления нарушенных земель наиболее актуальна для индустриально развитых регионов, где масштабная деградация почв сопровождается неизбежным погребением плодородного ресурса под техногенными отходами.

Локальное разрушение генетически связанных горизонтов почв и обнажение материнской породы встречается часто. Литогенные породы обнаруживаются на дневной поверхности при строительстве крупных объектов, захоронении химических отходов, испытаниях военной техники и т. д. В связи с деградацией почв и появлением на минеральных обнажениях современных почвенных образований с ослабленной способностью к самоочищению состояние почвенного покрова мониторится в зонах воздействия объектов хранения

и уничтожения химического оружия [4], зонах ракетно-космической деятельности [5]. Комплексный экологический мониторинг предусматривает оценку степени физической, химической и биологической деградации почв.

На полигонах техногенных отходов, которые образуются при добыче минерально-сырьевых ресурсов: нефти, газа, угля, металлов и других полезных ископаемых, проблема истощения запасов зрелых почв также сопровождается загрязнением природной среды. Но экология почвообразования в таком случае приобретает несколько иной аспект, поскольку во вскрышных породах могут присутствовать химические элементы в токсическом количестве, опасном для всего живого. Становится насущным проведение химического анализа, прогнозирования поведения токсичных элементов и поступления их из почвоподобных тел в растения, другие живые организмы. Возникает необходимость в подборе устойчивых к экотоксикантам почвенных микроорганизмов и растений, предлагаемых для биологической рекультивации. Разработка технологий ускоренного почвообразования на подстилающих породах (в том числе почвообразующих) инновационных экологических проектов по устранению фитотоксичности нарушенных земель – это современные задачи теоретической и прикладной экологии. Их решению способствует выход данного журнала, который своевременно и всесторонне актуализирует проблему почвообразования в техногенных ландшафтах, освещает результаты интеграции учёных академической и высшей школы в области биогеохимии почв [6–8], рекультивации нарушенных территорий [9], представляет новые фундаментальные идеи и подходы для улучшения качества жизнеобитаемых сред. Отдавая дань традиционным рубрикам журнала, мы в своей статье сконцентрировали внимание на истории изучения почвоподоб-

ных образований техногенных ландшафтов, проблемах идентификации, терминологии и эколого-генетической классификации новообразованных почв, используя при этом труд многолетних изысканий почвоведов и рекультиваторов разных научных школ страны.

Почвоподобные тела – это образования, которые имеют почвенные признаки, в том числе биогенные. К ним следует отнести присутствие мелкозёма (элементарных почвенных частиц размером менее 1 мм), его формирование из элювия-делювия с участием микроорганизмов и корневых выделений растений, накопление элементов – биофилов, осуществление почвообразующими микроорганизмами минерализации собственных экзометаболитов и мёртвых отцветивших клеток, опад ксерофильных травянистых первооселенцев, образование гумусоподобных соединений и запаса тонкодисперсных фракций. Мерой почвоподобия, сходства со зрелыми почвами, может быть соотношение форм хранения питательных веществ (в органо-минеральном комплексе почвоподобных образований и в биомассе корней), выраженность послойной дифференциации минеральной толщи и др.

Пристальное внимание учёных к почвоподобным образованиям техногенного генезиса не случайное. К настоящему времени в Уральском регионе доля ландшафтов, сформированных отвалами углесодержащих пород, достигло 50%, железной руды – 30% [10]. В Пермской области и Хабаровском крае им принадлежит 60 и 20% соответственно. В Кемеровской области техногенные ландшафты, образованные при добыче угля, приблизились к 90%. Добыча каменных и бурых углей привела к 1975 г. на территории Сибири и Дальнего Востока к изъятию из сельскохозяйственного и лесного фонда 83 тыс. га земель [11]. К началу текущего века потери плодородных почв только в Кузбасском регионе превысили 100 тыс. га. Часть из них оказалась погребённой под насыпными отвалами, включающими глубокозалегающие породы земной коры, общая масса которых превысила миллиарды тонн [12]. В результате исчезли почвы, которые принадлежали к 11 типам, 33 подтипам, более 100 родам и более 1500 видам [13]. Прогноз неутешительный. К 2030 г. добыча угля возрастёт по сравнению с текущими объёмами более чем на треть [14].

Кроме Кузбасса в добычу подземных минеральных ресурсов вовлечены близлежащие территории: Салаир, Предсалаирье, Прииртышье. Они характеризуются присутствием вы-

сокопродуктивных и редких для нашей страны почв, относящихся к категории охраняемых, но которые постепенно деградируют либо вовлекаются в техногенез. Среди них растёт доля почв с нарушенным циклом естественного развития, доля поверхностных почвоподобных и непочвенных образований.

Не следует забывать, что минеральные массы вскрыши и горнорудных отходов нередко представляют собой техногенные месторождения [15], которые привлекательны для вторичного использования, а значит, остаются на неопределённый срок в исходном виде, порой небезопасном для окружающей среды. Смысл породы с террикоников или хребтовых отвалов обуславливает формирование вокруг них зон загрязнения с токсичными химическими свойствами почв. Площади зон загрязнения в 3–10 раз превышают площадь самого отвала [16]. Растительность на них погибает или видоизменяется. В загрязнении почв участвуют техногенная пыль, атмосферные осадки, снеготалые и подотвальные воды, которые транспортируют тяжёлые металлы, в том числе их подвижные формы [17–20].

Промышленные запасы полезных ископаемых расположены среди мезозойских, палеогеновых, олигоценых, неогеновых отложений, в которых геохимическое разнообразие довольно представительно. На дневной поверхности техногенных ландшафтов поведение присутствующих в них поливалентных металлов может быть иным, чем на глубине, вследствие изменения окислительно-восстановительных условий. Это не может не отразиться на скорости и характере формирования почвоподобных тел. Однако информации о влиянии геохимического наследия на процессы почвообразования практически нет. Недостаточно сведений о разнообразии и метаболической активности почвообразующих микроорганизмов, их адаптации, стратегии выживания.

Отмечается [21–23], что морфология и микробиология почвоподобных образований, формирующихся на техногенной поверхности отвалов вскрыши угленосных толщ Средней и Западной Сибири после 20 лет самозаращения, зависят от биологического возраста и состава слагающих пород. Почвоподобные тела характеризуются очаговым распределением по поверхности отвалов, низкой биогенностью, преобладанием олиготрофных процессов. Однако они, как и почвообразующие породы, не компенсируют потери экологических функций, присущих зрелым почвам. Длительное

нахождение техногенного элювия вскрышных пород в зачаточном состоянии [24] и контакт минеральной основы с опадом травянистых первопоселенцев обеспечивают многолетнее хранение питательных веществ исключительно в органоминеральном комплексе техногенной поверхности.

Визуальная идентификация почвоподобных образований и дифференциация их профиля сложна, субъективна и дискуссионна. Возникают определённые трудности в принадлежности их к тому или иному типу, поскольку критерии, по которым исследователи судят о почвоподобии в «поле», условны.

В литературе, касающейся изучения техногенных ландшафтов разной эколого-географической приуроченности, названий почвоподобных образований немало: «техногенные почвы», «молодые почвы», «потенциальные почвы», «литозёмы», «эмбриозёмы», «технозёмы», «техногенные поверхностные образования», «предпочвы-криптосоли» и т. д. Одни из них были предложены в начале развития рекультивации, другие – позднее, заимствованы из почвенной классификации и картографической систематики. Некоторые термины и понятия не имеют прямого отношения к генетическому почвоведению, но вошли в науку и «прижились». Они были введены ещё в прошлом веке для привлечения внимания к перспективному, но слабо разработанному направлению восстановления былых хозяйственных и экологических почвенных функций на нарушенных землях. Следует признать, что в почвоведении нет строгого кодекса названий почвоподобных образований, содержащего положения, предусматривающие присвоение конкретных наименований, как, например в ботанике или в микробиологии. По этой причине нет единства в названии таких тел, отчего определить в правильном выборе терминов и понятий бывает сложно. Авторы большинства публикаций не аргументируют предпочтение того или иного термина, не акцентируют внимание на сути его содержания. Вместе с тем понятийно-терминологический аппарат занимает одно из важнейших мест в любой науке, в том числе почвоведении [25], поскольку понятия, фиксированные в терминах, выступают как инструмент научного исследования. В научной практике «термином» называется точное обозначение строго определённого понятия [26].

В сложившейся ситуации мы сочли целесообразным обратиться к первоисточникам, в которых представлены определения терми-

нов, востребованных в настоящее время для характеристики первичного почвообразования в техногенных ландшафтах, чтобы отчасти снять остроту терминологических вопросов. Нами предпринята попытка изложения исходного смысла терминов, их предназначения, а также выявления современных тенденций внедрения новых понятий в научной лексике по почвоведению. Уточнение смыслового значения терминов, по нашему мнению, важно для корректного их использования в комплексном экологическом мониторинге вновь образуемых почв, для формулирования идеи, разработки единого подхода к анализу и интерпретации результатов.

История вопроса о почвоподобных объектах чрезвычайно интересна, поскольку в их изучении участвовали ведущие специалисты разных дисциплин. Итак, в 1922 г. А. Е. Ферсман предложил именовать «техногенезом» совокупность геохимических и минералогических процессов, вызванных технической деятельностью человека [27]. Определение понятий «природно-техногенные ландшафты» и «природно-техногенные комплексы» представлено лишь в 1985 г. Л. В. Моториной [28]. Однако первое описание почвообразовательного процесса изложил проф. В. Р. Вильямс [29, 30], но не для техногенных образований, а для рыхляка горных пород. Он ввёл термин «первичный почвообразовательный процесс», начинающийся с нуля-момента на абсолютно абиотической до этого момента породе. Точкой отсчёта рождения почвы им выбран факт заселения породы растениями, которые являются первоисточником органического вещества, биогенной аккумуляции элементов. Все эти положения востребованы в настоящее время при изучении техногенных ландшафтов.

В свою очередь, термин «неразвитые или слаборазвитые» почвы был использован Ф. Дюшофур [31] для почв, формирующихся в условиях очень холодного или пустынного климата, эрозионного омолаживания, привноса новых отложений (молодого элювия) либо заселения вулканических и осадочных пород. В настоящее время данные почвы входят в отдел литозёмов и отдел слаборазвитых почв [32].

В национальных почвенных классификациях и в перечне почв к Легенде почвенной карты мира, изложенных в прошлом веке, такие почвы рассматривались как «неразвитые и примитивные», диагностируемые в пределах аридных или холодных почвенно-биоклиматических фаций, и как «первичные» почвы литоморфной

фазы почвообразования на плотных породах под лишайниками и мхами [33].

Перечисленным почвам присуща замедленная эволюционная, практически постоянно примитивная, форма существования. Вскрышные породы техногенных ландшафтов, присутствующие на территориях разработки месторождений полезных ископаемых, по существу, лишены природного органического вещества, которое является основным фактором развития устойчивой экосистемы, стартовым условием её развития [34]. По этой причине формирующиеся почвы техногенных ландшафтов схожи с хронически примитивными почвами природных ландшафтов, особенно в пределах суровых гидротермических фаций. Но в Кузбассе, по мнению С. А. Таранова [33], изучавшего долгие годы процессы почвообразования на нарушенных землях, существование примитивных почв, окружённых лесной, лесостепной и степной растительностью, не типично. Минеральные субстраты техногенных ландшафтов Кузбасса способны поддерживать физико-химический комфорт формирующихся биоценозов [13]. Поэтому почвообразование в данном случае характеризуется повышенной скоростью, отчего С. А. Таранов отказался называть в Кузбассе почвообразовательный процесс примитивным и первичным. Святослав Александрович предложил заменить названия почв: «неразвитые», «примитивные», «мелкопрофильные», «первичные», «пионерные», «антропогенные», не отражающие генетическое содержание, на «молодые почвы техногенных ландшафтов», данный термин был включён в «Краткий толковый словарь по рекультивации земель» [35].

Расширение спектра терминов произошло также из-за названий, появившихся в других регионах. Так, Х. Швабе [36] выделил на 30–60-летних отвалах каменноугольных рудников ГДР «неразвитые щебенчатые почвы». К. Н. Крупский с соавторами [37] обозначил их как «примитивные», Ф. Йонаш [38] – «антропогенные», Г. И. Махонина [39] – «первичные». Попытка классификации развивающихся почв по степени зрелости была предпринята в 1948 г. Йенни, которую упоминает Г. И. Махонина в своей монографии [40]. Им было выделено 5 групп почв: 1) грубая, неразвитая почва; 2) молодая, слабо выветрившаяся почва; 3) незрелая, умеренно выветрившаяся почва; 4) полужрелая, уже значительно выветрившаяся почва; 5) зрелая, выветрившаяся почва. Примени-

тельно к техногенным ландшафтам это деление не нашло дальнейшего отражения.

Первая схема классификации техногенных почв, разработанная с учётом эколого-генетического подхода, принадлежит Л. В. Етеревской с коллегами, которые в 1984 г. предложили одновременно расшифровку ими же данного термина «техногенные почвы» [41]. В их трактовке почвенные тела, которые являются продуктом взаимодействия техники с природной средой, образованы в техногенных ландшафтах, где с помощью той же техники уничтожается почвенный профиль, а затем воссоздаётся другой, который не имеет почвенного профиля в генетическом докучаевском смысле. Почвы разделены по происхождению на два типа: 1) техногенные почвы с насыпным гумусированным слоем – «технозёмы» (с двух-, трёхчленным почвенным профилем) и 2) техногенные почвы, которые состоят из чистых горных пород или их смесей – «литозёмы» (с одночленным профилем). Следует признать, что оба термина также «прижились» в научной литературе. Правда, определение «технозёмов» не всегда совпадает у разных исследователей.

Л. В. Етеревская описывает технозёмы как псевдопочвы с насыпным гумусовым горизонтом [42]. Н. П. Солнцева с коллегами [43] рассматривает технозёмы как группу почв и почвоподобных тел, в которых отсутствуют генетические горизонты. В. И. Терентьев и П. А. Суханов [44] под технозёмами понимают искусственно созданные или самообразовавшиеся почвоподобные образования с созданным или развивающимся фрагментарным, или сплошным гумусовым горизонтом. Среди технозёмов выделяются как отдел «технолиты» – непочвенные грунты, которые представлены техногенными отходами промышленной переработки горных пород и руд [44]. Предполагается, что между технозёмами и технолитами существуют переходные формы.

Следует также вспомнить, что в 1986 г., В. М. Фридланд, выдающийся учёный-исследователь почв и кор выветривания, обозначил почвоподобные тела как «парапочвы» [45]. В монографии «Проблемы географии, генезиса и классификации почв» он подчёркивал, что такие образования должны быть в числе объектов классификации почв. В понятие «почва» включаются не только вполне развитые почвенные тела с отчётливо выраженным членением на тематические горизонты, но и слабо развитые, в которых горизонты или даже один горизонт выражены

слабо. Отсутствие генетических горизонтов в таких образованиях, по мнению Владимира Марковича, является результатом лишь кратковременности функционирования в качестве почв. В них идут процессы, характерные для почв, они обладают режимами, типичными для почв. Они занимают в пространстве место почвы – на границе атмосферы и литосферы, выполняют функции почвы: обеспечивают развитие растений, существование биогеоценозов. В сфере классификации почв они могут рассматриваться как почвы в разной степени изменённые человеком и даже полностью преобразованные или созданные им.

В дальнейшем, в 1990 г., известный почвовед И. А. Соколов включил все почвоподобные тела (парапочвы) в базовую субстативно-генетическую классификацию почв [46]. Более того, всю совокупность объектов классификации: собственно почвы (в определении В. В. Докучаева) и парапочвы, он назвал термином «экопочвы» (тела, выполняющие экологические и биосферные функции почв). Органо-минеральные экопочвы разделены им на две группы (ствола): 1) педолиты (развитые и примитивные) и 2) почвы (собственно почвы, или развитые почвы), а также примитивные почвы (эмбриозёмы). В первой группе И. А. Соколовым были выделены полупочвы, парапочвы, экопочвы, которые отличаются от собственно почв [25]. Непочвенные образования и полупочвы могут, по его мнению, объединяться термином «парапочвы» – тела, выполняющие биосферные функции почв, но в полном смысле слова почвами не являющиеся. А вся совокупность объектов, попадающих в сферу научных интересов почвоведения, может быть обозначена термином «экопочвы» – все природные и искусственные тела, образующие геодерму и выполняющие биосферные и эко-сферные функции почв.

Термины «эмбриозёмы» и «технозёмы», были заимствованы И. М. Гаджиевым и В. М. Курчатовым у предыдущих авторов для создания обобщённой субстативно-генетической классификации постлитогенных почв техногенных ландшафтов [47]. По версии сибирских учёных молодые почвы, образованные в результате самозарастания насыпных отвалов вскрышных и вмещающих пород угольных месторождений Кузбасса, относятся к классу эмбриозёмов биогенно неразвитых. Они подразделяются на типы в зависимости от типодиагностического горизонта. Профильная дифференциация минерального субстрата – обособление биогенного горизонта, представ-

ленного дерниной, появляется в эмбриозёмах дерновых. Наиболее молодыми почвами являются эмбриозёмы инициальные [48]. Под травянистой растительностью эволюция эмбриозёмов выражается в переходе эмбриозёмов инициальных в органо-аккумулятивные, а затем в дерновые, под древесной – эмбриозёмы инициальные эволюционируют в органо-аккумулятивные, затем – в грубогумусовые. Эмбриозёмы, более сложные по строению и более зрелые эволюционно, обладают максимальным набором экологических ниш и соответственно почвенно-экологических функций. Наличие в профиле эмбриозёмов, по меньшей мере трёх генетических горизонтов, обеспечивает развитие множества почвенно-экологических функций различных уровней, в том числе и тех, что контролируют внутриландшафтные и межландшафтные геохимические и биогеохимические связи [43].

Из вышеизложенного следует, что содержательная часть определений почвоподобных тел различается. Выбор понятий в действительности непросто. Он усугубился с использованием в фундаментальном почвоведении терминов из прикладного почвоведения.

Так, в начале текущего века почвоведы Почвенного института им. В. В. Докучаева под руководством акад. РАСХН Л. Л. Шишова разработали систематику «техногенных поверхностных образований» (ТПО) [44], ориентированную для картографических целей. ТПО не рассматриваются ими, как предмет генетической почвенной классификации, но в то же время проявление естественного почвообразования в них не отрицается. Систематика «техногенных поверхностных образований» (ТПО) обнаруживает черты сходства в некоторых терминах и их содержании с таковой технозёмов [46]. Например, в классификации технозёмов присутствуют отделы: абразёмы и тектозёмы, в систематике ТПО – группа натурфабрикатов, представленная абралитами и литостратами. Причём последняя терминология оказалась востребованной при изучении почв на угольных отвалах в Красноярском крае [23], вокруг солеотвалов и галитовых отходов в Пермском крае [50], хотя картографическая информация о ТПО не приводится. В перспективе, на наш взгляд, эти термины следует ожидать в типологических картах технобиогеом. Выделение типологических групп «технобиогеом» – исходных физико-географических объектов ландшафтно-геохимического прогноза, было предложено профессором М. А. Глазовской

[51]. Попытки составления типологических карт технобиогеом с включением молодых почв имеются и для Кузбасского региона [52]. Продолжение и углубление этих работ представляется нам успешным с использованием терминологии, заимствованной из систематики ТПО и привлечением ГИС-технологий. Почвоподобные тела и их предшественники – непочвенные поверхностные образования должны быть включены в базу данных биолого-почвенных ресурсов техногенных ландшафтов. Биолого-почвенные и геохимические показатели можно использовать в векторизации контуров почвоподобных образований с ранжированием степени их «зрелости» для получения растрового изображения карт современного экологического состояния почвенного покрова.

Таким образом, фундаментальные и прикладные исследования современных почвоподобных образований техногенных ландшафтов зарождались в прошлом веке в научных центрах Украины и России (на Урале, в Сибири, на Дальнем Востоке), где проблемы рекультивации нарушенных земель, особенно в Кузбассе, оказались чрезвычайно сложными и важными в региональном и государственном отношении. Многолетний поиск решений восстановления экологических и хозяйственных почвенных функций в техногенных ландшафтах неизбежно отразился на формировании широкого набора терминов. Целесообразно помнить их исходное предназначение и корректно использовать в современном экологическом мониторинге техногенно нарушенных территорий, при изучении экологии техногенного почвообразования. Безусловно, нарастающий объём знаний о почвообразовании на техногенных минеральных субстратах закрепляется в словах и их значениях, вследствие чего лексических приобретений в языке почвенной науки следует ожидать и дальше. Компьютерные технологии неизбежно привнесут новый словарный запас в почвоведение, сформируют новый языковой стиль – стиль эпохи информационного развития. Авторы статьи полагают, что сегодня в фундаментальном и прикладном почвоведении, в том числе картографии и рекультивации, важно придерживаться терминов (слов и словосочетаний), которые присущи научной почвенной лексике и которые несут логическую информацию. Это способствует должной ясности в классификации почвоподобных тел, объективности информации, накопленной и получаемой для техногенных ландшафтов разных регионов

страны. В каждом конкретном случае может складываться свой комплекс экологических условий, определяющих направленность почвообразовательных процессов, формирование самостоятельных генетических образований в профиле новообразованных почв, специфику биологии почвообразования. Полагаем, что представленный материал в журнале экологической ориентации способствует определённой систематизации и осмысливанию знаний о преобразовании литологической среды техногенных ландшафтов в почвоподобную, окажется полезным для специалистов разных дисциплин, посвятивших свои исследования жизни необитаемым средам.

Работа выполнена по проекту НИР ИПА СО РАН № VI.54.1.3 и по проекту НИР ИГГ СО РАН № IX.138.32.

Литература

1. Карпачевский Л.О. Экологическое почвоведение. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993. 184 с.
2. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Экология почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2006. 364 с.
3. Кирюшин В.М. О методологии оценки и предотвращения деградации почв и агроландшафтов // Антропогенная деградация почвенного покрова и меры её предупреждения. Тезисы и доклады Всерос. конф. Т. 1. М., 1998. С. 20–26.
4. Ашихмина Т.Я. Комплексный экологический мониторинг объектов хранения и уничтожения химического оружия. Киров: Вятка, 2002. 544 с.
5. Касимов Н.С., Кондратьев А.Д., Королёва Т.В., Кречетов П.П., Неронов В.В., Попик М.В., Смоленков А.Д., Фадеев А.С., Черницова О.В., Шпигун Щ.А. Экологический мониторинг ракетно-космической деятельности. Принципы и методы. М.: Рестарт, 2011. 472 с.
6. Фокина А.И., Домрачева Л.И., Широких И.Г., Кондакова Л.В., Огородникова С.Ю. Микробная детоксикация тяжёлых металлов (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2008. № 1. С. 4–10.
7. Скугорева С.Г., Адамович Т.А., Кантор Г.Я., Шуктомова И.И., Ашихмина Т.Я. Изучение состояния почв на территории вблизи Кирово-Чепецкого химического комбината // Теоретическая и прикладная экология. 2009. № 2. С. 37–46.
8. Широких И.Г., Ашихмина Т.Я. Повышение толерантности растений к алюминию на кислых почвах методами биотехнологии (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2016. № 2. С. 12–19.
9. Пукальчик М.А., Терехова В.А., Якименко О.С., Акулова М.И. Сравнение ремедиационных эффектов Биочара и Лигногумата на почвы при полиметаллическом загрязнении // Теоретическая и прикладная экология. 2016. № 2. С. 79–85.

10. Каздым А.А. К вопросу о систематике и классификации техногенных отложений [Электронный ресурс] <http://viperson.ru/articles/aleksey-kazdum-k-voprosu-o-sistematike-i-klassifikatsii-tehnogennyh-otlozheniy> (Дата обращения 26.01.2017).
11. Ковалёв Р.В., Гаджиев И.М., Панин П.С., Трофимов С.С. Земельные ресурсы Сибири и Дальнего Востока, их рациональное использование и охрана // О почвах Сибири (к XI-му Международному конгрессу почвоведов). Новосибирск: Наука, 1978. С. 5–14.
12. Потапов В.П., Мазикин В.П., Счастливцев Е.Л., Вашлаева Н.Ю. Геоэкология угледобывающих районов Кузбасса. Новосибирск: Наука, 2005. 651 с.
13. Гаджиев И.М., Курачёв В.М., Андроханов В.А. Стратегия и перспективы решения проблем рекультивации нарушенных земель. Новосибирск: ЦЭРИС, 2001. 37 с.
14. Мазикин В.П. Кузбасс рассчитывает на научную поддержку // Наука в Сибири. 2012. № 18. С. 3.
15. Экологический энциклопедический словарь. М.: Издат. дом «Ноосфера», 1999. 930 с.
16. Меньшиков Г.И. Антропогенно-техногенная трансформация экосистем при разработке коренных, россыпных и осадочных месторождений полезных ископаемых и в рекультивации // Антропогенная трансформация природной среды: Материалы междунар. конф. Пермь, 2010. Т. 3. С. 354–360.
17. Шафигулина Г.Т. Геоэкологические условия процессов техногенеза Учалинской геотехнической системы (Южный Урал): Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Москва, 2008. 23 с.
18. Аминов П.Г. Биогеохимия тяжёлых металлов при горнопромышленном техногенезе (на примере Карабашской геотехнической системы, Южный Урал): Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Новосибирск, 2010. 17 с.
19. Дроздова О.Ю. Поведение металлов и органического вещества в почвах и природных водах Северной Карелии: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Томск, 2015. 27 с.
20. Артамонова В.С., Бортникова С.Б., Оплеухин А.В. Техногенное загрязнение почв подотвальными водами в районе угледобычи // Известия Коми НЦ УрО РАН. 2016. № 4 (28). С. 38–45.
21. Трофимов С.С., Наплёкова Н.Н., Кандррашин Е.Р., Фаткулин Ф.А., Стебаева С.К. Гумусообразование в техногенных экосистемах. Новосибирск: Наука, 1986. 165 с.
22. Артамонова В.С., Андроханов В.А., Соколов Д.А., Лютых И.В., Булгакова В.И., Бортникова С.Б., Водолев А.С. Эколого-физиологическое разнообразие микробных сообществ в техногенно нарушенных ландшафтах Кузбасса // Сибирский экологический журнал. 2011. Вып. 18. № 5. С. 735–746.
23. Гродницкая И.Д. Эколого-микробиологическая индикация и биоремедиация почв естественных и нарушенных лесных экосистем Сибири: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Красноярск, 2013. 35 с.
24. Чижигов П.Н. Карта почвообразующих пород Европейской части СССР. Пояснительный текст. М., 1968. 39 с.
25. Соколов И.А. Теоретические проблемы генетического почвоведения. Новосибирск: Гуманитарные технологии, 2004. 288 с.
26. Кондаков Н.И. Логический словарь-справочник. М.: Наука, 1976. 720 с.
27. Алексеев В.А. Геохимия ландшафта и окружающая среда. М.: Недра, 1997. 142 с.
28. Моторина Л.В. Ландшафтно-экологический подход к оптимизации природно-техногенных комплексов // Техногенные экосистемы. Новосибирск: Наука, Сиб. отделение, 1985. С. 12–23.
29. Вильямс В.Р. Общее земледелие с основами почвоведения. М.: Кооперативное изд-во студенчества Академии крупного социалистического сельского хозяйства «Агроном», 1931. 376 с.
30. Вильямс В.Р. Почвоведение. М.: Сельхозгиз, 1936. 648 с.
31. Дюшофур Ф. Основы почвоведения. Эволюция почв. М.: Прогресс, 1970. 592 с.
32. Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И., Красильников П.В., Дубровина И.А. Корреляция почвенных классификаций. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2005. 52 с.
33. Таранов С.А. Особенности почвообразования в техногенных ландшафтах Кузбасса (предварительные итоги опытов на лизиметрических моделях) // Восстановление техногенных ландшафтов Сибири (теория и технология). Новосибирск: Наука, 1977. С. 81–105.
34. Тейт Р.Л. Органическое вещество почвы: биологические и экологические аспекты. М.: Мир, 1991. 400 с.
35. Трофимов С.С., Моторина Л.И. Краткий толковый словарь по рекультивации земель. Новосибирск: Наука, 1980. 35 с.
36. Швабе Х. Образование гумуса в субстратах отвалов, используемых для целей лесного хозяйства // Разработка способов рекультивации ландшафта, нарушенного промышленной деятельностью. София, 1973. С. 230–237.
37. Крупский К.Н., Етеревская Л.В., Мамонтова Е.Г. О направлении почвообразования на рекультивируемых землях в степной зоне Украины // Разработка способов рекультивации ландшафта, нарушенного промышленной деятельностью. София, 1973. С. 383–389.
38. Йонаш Ф. Инфильтрационная способность серых миоценовых илов отвалов рудника А. Запотоцкого в области СЧББ // Мелиорация. Збраслав, 1974. С. 15–25.
39. Махонина Г.И. Состав гумуса почв, образующихся на буроугольных отвалах при естественном зарастании // Проблемы рекультивации земель в СССР. Новосибирск: Наука, 1974. С. 205–209.
40. Махонина Г.И. Экологические аспекты почвообразования в техногенных экосистемах Урала. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2003. 356 с.
41. Етеревская Л.В., Донченко М.Т., Лехциер Л.В. Систематика и классификация техногенных почв // Растения и промышленная среда. Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1984. С. 14–21.
42. Етеревская Л.В. Почвообразование и рекультивация земель в техногенных ландшафтах Украины: дисс. уч. ст. докт. с.-х. наук. Харьков, 1989. 92 с.

43. Солнцева Н.П., Герасимова М.И., Рубилина Н.Е. Морфогенетический анализ техногенно преобразованных почв // Почвоведение, 1990. № 8. С. 124–129.

44. Терентьев В.И., Суханов П.А. Классификация деградированных почв и непочвенных образований // Антропогенная деградация почвенного покрова и меры её предупреждения. Тезисы и доклады Всерос. конф. Т. 1. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 1998. С. 16–18.

45. Фридланд В.М. Проблемы географии, генезиса и классификации почв. М.: Наука, 1986. 244 с.

46. Соколов И.А. Базовая субстративно-генетическая классификация почв, основные принципы и опыт их реализации // Проблемы почвоведения в Сибири. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1990. С. 4–13.

47. Гаджиев И.М., Курачев В.М. Генетические и экологические аспекты исследования и классификация почв техногенных ландшафтов // Экология и рекультивация техногенных ландшафтов. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1992. С. 6–15.

48. Курачев В.М., Кандрашин Е.Р., Рагим-заде Ф.К. Сингенетичность растительности и почв техногенных ландшафтов: экологические аспекты, классификация // Сибирский экологический журнал. 1994. № 3. С. 205–213.

49. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

50. Ерёмченко О.З., Четина О.А., Кусакина М.Г., Шестаков И.Е. Техногенные поверхностные образования зоны солеевалов и адаптация к ним растений. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2013. 148 с.

51. Глазовская М.А. Технобиогеомы – исходные физико-географические объекты ландшафтно-геохимического прогноза // Вестник МГУ. Серия V – География. 1972. № 6. С. 23–35.

52. Рагим-заде Ф.К., Трофимов С.С. Экологические и социально-экономические критерии районирования рекультивационных работ в Сибири // Восстановление техногенных ландшафтов Сибири (теория и технология). Новосибирск: Наука, 1977. С. 3–13.

References

1. Karpachevskiy L.O. Ecological soil studies. M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1993. 184 p. (in Russian).

2. Dobrovoleskiy G.V., Nikitin E.D. Ecology of soils. M.: Izd-vo Mosk. un-ta Nauka, 2006. 364 p. (in Russian).

3. Kiryushin V.M. About methodology of assessment and prevention of soil degradation and agricultural landscapes // Anthropogenic degradation of the soil and its prevention measures: Tezisy i doklady Vserossiys. konf. T. 1. M.: Pochvennyy in-t im. V.V. Dokuchaeva RASHN, 1998. P. 16–18 (in Russian).

4. Ashikhmina T.Ya. A complex environmental monitoring of storage facilities of chemical weapons storage and destruction. Kirov: Vyatka, 2002. 544 p. (in Russian).

5. Kasimov N.S., Kondratiev A.D., Koroleva T.V., Krechetov P.P., Neronov V.V., Popik M.V., Smolenkov A.D.,

Fadeev A.S., Chernitsova O.V., Shpigun Sh.A. Environmental monitoring of the missile and space activities. Principles and methods. M.: Reestrart, 2011. 472 p. (in Russian).

6. Fokina A.I., Domracheva L.I., Shirokhih I.G., Kondakova L.V., Ogorodnikova S.Yu. Microbial detoxification of heavy metals (review) // Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya. 2008. № 1. P. 4–10. (in Russian).

7. Skugoreva S.G., Adamovich T.A., Cantor G.Y., Shuktomova I.I., Ashikhmina T.Ya. Study of soil condition in the territory close to Kirovo-Chepetsk Chemical Plant // Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya. 2009. № 2. P. 37–46 (in Russian).

8. Shirokhih I.G., Ashikhmina T.Ya. Increasing plant tolerance to aluminum in acidic soils through biotechnology (review) // Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya. 2016. № 2. P. 12–19 (in Russian).

9. Pukalchik M.A., Terekhova V.A., Yakimenko O.S., Akulova M.I. Comparison of remediation effects of Biochar and Lignohumate on the soil at the polymetallic pollution // Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya. 2016. № 2. P. 79–85 (in Russian).

10. Kazdym A.A. On the issue of man-made deposits of taxonomy and classification [electronic resource] <http://vipersion.ru/articles/aleksey-kazdym-k-voprosu-j-sistema-tike-i-klassifikatsii-technogennyh-otlozheniy> (Date of the application 26.01.2017) (in Russian).

11. Kovalev R.V., Gadzhiev I.M., Panin P.S., Trofimov S.S. Land resources of Siberia and the Far East, their rational use and protection // On soils of Siberia (to the XI-th International Congress of Soil Science). Novosibirsk: Nauka, 1978. P. 5–14 (in Russian).

12. Potapov V.P., Masikin V.P., Schastlivtsev E.L., Vashlaeva N.Yu. Geoecology of Kuzbass coal-mining areas. Novosibirsk: Nauka, 2005. 651 p. (in Russian).

13. Gadzhiev I.M., Kurachev V.M., Androkhyan V.A. Strategy and prospects for resolving the problems of land reclamation. Novosibirsk: TSERIS, 2001. 37 p. (in Russian).

14. Mazikin V.P. Kuzbass relies on scientific support // Nauka v Sibiri. 2012. № 18. P. 3. (in Russian).

15. Ecological Encyclopedic Dictionary. M.: Izdat. Dom «Noosfera», 1999. 930 p. (in Russian).

16. Menshikov G.I. Anthropogenic-technogenic transformation of ecosystems in the development of indigenous, alluvial and sedimentary deposits of minerals and reclamation // Anthropogenic transformation of the natural environment: Materialy mezhdunar. konf. Perm. Gos. un-t Perme, 2010. T. 3. P. 354–360 (in Russian).

17. Shafigullina G.T. Geoecological conditions of technogenic processes of Uchalinskaya geotechnic system (South Ural): Avtoref. dis. ... kand. geol.-miner. nauk. Moskva, 2008. 23 p. (in Russian).

18. Aminov P.G. Biogeochemistry of heavy metals in mining industry (by the example of Karabash geotechnical system, South Ural): Avtoref. dis. ... kand. geol.-miner. nauk. Novosibirsk, 2010. 17 p. (in Russian).

19. Drozdova O.Yu. The behavior of metals and organic matter in soils and natural waters of the North Karelia: Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Tomsk, 2015. 27 p. (in Russian).

20. Artamonova V.S., Bortnikova S.B., Opleuchin A.V. Technogenic pollution of soils by drainage waters in the region of coal mining // *Izvestiya Komi NTS UrO RAN*. 2016. № 4 (28). P. 38–45. (in Russian).
21. Trofimov S.S., Naplekova N.N., Kandrashin E.R., Fatkulin F.A., Stebaeva S.K. Humus formation in man-made ecosystems. Novosibirsk: Nauka, 1986. 165 p. (in Russian).
22. Artamonova V.S., Androkhonov V.A., Sokolov D.A. Ecological and physiological diversity of microbial communities in anthropogenic disturbed landscapes of Kuzbass // *Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal*. 2011. V. 18. № 5. P. 735–746 (in Russian).
23. Grodnitskaya I.D. Ecological and microbiological indication and soil bioremediation of natural and disturbed forest ecosystems of Siberia: Aytoref. dis. ... dokt. biol. nauk. Krasnoyarsk, 2013. 35 p. (in Russian).
24. Chizhikov P.N. Map of soil-forming rocks of the European part of the USSR. The explanatory text. M., 1968. 39 p. (in Russian).
25. Sokolov I.A. Theoretical problems of genetic soil science. Novosibirsk: Gumanitarnye tekhnologii, 2004. 288 p. (in Russian).
26. Kondakov N.I. Logical dictionary-handbook. M.: Nauka, 1976. 720 p. (in Russian).
27. Alekseenko V.A. Landscape geochemistry and environment. M.: Nedra, 1997. 142 p. (in Russian).
28. Motorina L.V. Motorina L.V. Landscape-ecological approach to optimization of natural and man-made systems // *Technogenic ecosystems*. Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-nie, 1985. P. 12–23 (in Russian).
29. Vilyams V.R. General agriculture with the basics of soil science. M.: Kooperativnoe izd-vo studenchestva Akademii krupnogo sotsialisticheskogo khozyaystva «Agronom», 1931. 376 p. (in Russian).
30. Vilyams V.R. Soil science. M.: Gos. izd-vo kolkhoznoy i sovkhoznoy literatury «Selekhozgiz», 1936. 648 p. (in Russian).
31. Dyushofur F. The basics of soil science. Evolution of soil. M.: Progress, 1970. 592 p. (in Russian).
32. Tonkonogov V.D., Lebedeva I.I., Gerasimova M.I., Krasilnikov P.V., Dubrovina I.A. Correlation of soil classification. Petrozavodsk: Kareleskiy nauchnyy tsentr RAN, 2005. 52 p.
33. Taranov S.A. Features of soil formation in man-made landscapes of the Kuznetsk Basin (preliminary results of experiments on lysimetric models) // *Restoration of man-made landscapes of Siberia (theory and technology)*. Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-nie, 1977. P. 81–105 (in Russian).
34. Teit R.L. Soil organic matter: biological and ecological aspects. M.: Mir, 1991. 400 p. (in Russian).
35. Trofimov S.S., Motorina L.V. Concise Dictionary of land reclamation. Novosibirsk: Nauka, 1980. 35 p. (in Russian).
36. Shvabe H. Humus formation in substrates dumps used for forestry purposes // *Development of methods for reclamation of the landscape, infringement of industrial activity*. Sofiya, 1973. P. 230–237 (in Russian).
37. Krupskii K.N., Eterevsкая L.V., Mamontova E.G. On the direction of soil formation on recultivated lands in the steppe zone of Ukraine // *Development of methods for reclamation of the landscape, infringement of industrial activity*. Sofiya, 1973. P. 383–389 (in Russian).
38. Ionash F. Infiltration capacity of gray Miocene silt of mine dumps named after A. Zapotocky in SCHBB // *Melioration*. Zbraslav, 1974. P. 15–25 (in Russian).
39. Mahonina G.I. The composition of soil humus formed in brown coal dumps with natural overgrowing // *Problems of land reclamation in the USSR*. Novosibirsk: Nauka, 1974. P. 205–209 (in Russian).
40. Mahonina G.I. Environmental aspects of soil formation in man-made ecosystems of the Urals. Ekaterinburg: Izd-vo Ural. un-ta, 2003. 356 p. (in Russian).
41. Eterevsкая L.V., Donchenko M.T., Lehzier L.V. Systematics and classification of anthropogenic soils // *Plants and industrial environment*. Sverdlovsk: Izd-vo Ural. un-ta, 1984. P. 14–21 (in Russian).
42. Eterevsкая L.V. Soil formation and land reclamation in the man-made landscapes of Ukraine: diss. uch. st. dokt. s.-h. nauk. Kharekov, 1989. 92 p. (in Russian).
43. Solnzeva N.P., Gerasimova M.I., Rubilina N.E. Morphogenetic analysis of technogenic transformed soil // *Pochvovedenie*. 1990. № 8. P. 124–129 (in Russian).
44. Terentiev V.I., Suhanov P.A. Classification of degraded soils and non-soil formations // *Anthropogenic degradation of the soil and its prevention measures: Tezisy i doklady Vserossiys. konf. T. 1*. M.: Pochvennyy in-t im. V.V. Dokuchaeva RASHN, 1998. P. 16–18 (in Russian).
45. Fridland V.M. Problems of geography, genesis, and classification of soils. M.: Nauka, 1986. 244 p. (in Russian).
46. Sokolov I.A. Basic substativno-genetic classification of soils, basic principles and the experience of their implementation // *Problems of soil science in Siberia*. Novosibirsk: Nauka, Sib. otd-nie, 1990. P. 4–13 (in Russian).
47. Gadzhiev I.M., Kurachev V.M. Genetic and environmental aspects of the study and classification of soils of technogenic landscapes // *Environmental remediation and technogenic landscapes*. Novosibirsk: Nauka, Sib. otd-nie, 1992. P. 6–15 (in Russian).
48. Kurachev V.M., Kandrashin E.R., Ragim-zade F.K. Syngenetic vegetation and soils of technogenic landscapes: ecological aspects, classification // *Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal*. 1994. № 3. P. 205–213 (in Russian).
49. Shishov L.L., Tonkonogov V.D., Lebedeva I.I., Gerasimova M.I. Classification and diagnosis of Russian soil. Smolensk: Oykumena, 2004. 342 p. (in Russian).
50. Eremchenko O.S., Chetkina O.A., Kusakina M.G., Shestakov I.E. Technogenic superficial formations of salt dumps areas and adaptation of plant to them. Perm. Gos. Nats. issled. un-t. Perme, 2013. 148 p. (in Russian).
51. Glazovskaya M.A. Tehnobiogeomy as the basic physical and geographical features of landscape-geochemical prediction // *Vestnik MGU. Seriya V – geografiya*. 1972. № 6. P. 23–35 (in Russian).
52. Ragim-zade F.K., Trofimov S.S. Ecological and socio-economic criteria for zoning remediation in Siberia // *Restoration of man-made landscapes of Siberia (theory and technology)*. Novosibirsk: Nauka, Sib. otd-nie, 1977. P. 3–13 (in Russian).