Е.А. Жарикова, О.М. Голодная

РОЛЬ ПОЧВЫ В ФОРМИРОВАНИИ ГАЗОННЫХ ЭКОСИСТЕМ

В настоящее время большая часть населения сосредоточена в городах, при этом комфортность его проживания оставляет желать лучшего. Не теряет своей актуальности и проблема поддержания качества окружающей среды. Неоценимую роль в оптимизации экологического состояния населенных пунктов при этом играют зеленые насаждения, способствующие сохранению связи человека с природой. Озеленение – обязательная составляющая градостроительной структуры, компонент городского ландшафта и важнейшая часть экологического каркаса города, по его показателям судят об устойчивости развития центров урбанизации [8]. Не вызывает сомнения, что в условиях нарастающего техногенного давления зеленые зоны увеличивают инвестиционную привлекательность жилых и общественно-деловых кварталов, повышают рекреационную ценности территорий и способствуют созданию позитивного имиджа города [12].

Растительность является важнейшей составляющей городского благоустройства, выполняя эстетическую, оздоровительную и протекторную функции. При этом важную роль в озеленении играют не только древесно-кустарниковые насаждения, но и напочвенный растительный покров. Газоны (как естественные, так и культурные) являются базовым элементом озеленения и занимают значительные площади на территории любого города (придорожные зоны, парки, скверы, придомовые территории, административные комплексы). Они препятствуют пылеобразованию за счет закрепления почв, улавливают и удерживают пыль на своей поверхности, снижают скорость ветра в приземном слое, гасят шумы, поглощают углекислый газ и выделяют кислород, регулируя тем самым состав приземного воздуха. По своему воздухоочистительному потенциалу 4 м² газона сопоставимы с одним деревом [3, 18]. Газоны являются важнейшим противоэрозионным средством, препятствуя развитию плоскостной и струйной эрозии. Травостой влияет и на микроклимат территории, снижая температуру воздуха и поддерживая его влажность. Регулярное скашивание жизнеспособного травостоя способствует усиленному выделению фитонци-

дов и гибели болезнетворных микроорганизмов, в том числе и крайне опасных для здоровья людей. Газонные травы выполняют также фитомелиоративную функцию, поглощая из почвы и закрепляя в своей фитомассе тяжелые металлы, таким образом исключая их из оборота в городских экосистемах, кроме того они способствуют очищению среды от многих вредных веществ – продуктов газообразных выбросов промышленных производств и автомобильного транспорта [10]. Нельзя не учитывать и психофизиологическое успокаивающее и расслабляющее воздействие газонов на людей, зеленая растительность оказывает позитивное влияние на нервную систему человека во время его отдыха, направленное на возобновление и укрепление здоровья, трудоспособности и духовной силы. Газон также является ландшафтообразующим элементом, фоном и основой для размещения декоративных растений, садово-парковых композиций, архитектурных сооружений, выполняя эстетическую функцию.

Однако нередко газоны выглядят непрезентабельно, имеют изреженное и неравномерное покрытие, проплешины, сниженную жизнеспособность растений, неоднородную окраску с желтыми пятнами засыхающих трав, хлороз, фузариоз и другие патологии (рисунок). Часто подобное плачевное состояние является результатом дефицита элементов питания или их несбалансированного состава, избытка техногенного загрязнения, вспышек роста патогенной микрофлоры. Конечно, самой очевидной причиной пожелтения травы является недостаток влаги, механическое повреждение и некачественная стрижка и несвоевременная уборка скошенной растительности. Появление локальных сухих пятен на газонах может быть вызвано и явлением гидрофобности, т.е. отсутствие способности к быстрому и равномерному смачиванию. Выявлено, что природная гидрофобность в целом является характерной чертой гидрофобного покрытия органического происхождения на частицах почвы. Причиной возникновения данного явления могут служить накопление органического вещества растительной природы (разложившиеся корни и растительные ткани, выделения корней), выделяемые растениями воски и органические кислоты, гифы грибов, микробные органические кислоты и полисахариды [28]. Природа оболочки и ее воздействие на процесс смачивания частиц почвы до сих пор не полностью изучены [13].

В ряде случаев подобное состояние могут спровоцировать и другие факторы. Поэтому при обустройстве и содержании городских территорий следует обращать внимание не только на биологические особенности растений, но и на взаимосвязь различных составляющих городских экосистем [4].

Необходимо отметить, что массовая стрижка газонов и полная уборка листьев, которые практикуются в городах России в настоящее время, способствовали утрате озелененными территориями их функции мест обитания и экологических коридоров («экокоридоров») для большинства населявших их видов. Практически исчезло разнотравье, а с ним – антофильные, хортофильные и подстилочные беспозвоночные, сократилась численность дождевых червей. Ущерб нанесен важнейшим функциональным группам: опылителям, почвообразователям, энтомофагам [2].

Неоднократно было отмечено, что при выполнении работ по озеленению и ландшафтному дизайну, городским почвам уделяется мало внимания, практически не учитываются их агрохимические и агрофизические свойства [6, 7, 15, 19]. Между тем, определение основных параметров экологического состояния почв с целью выявления их пригодности для озеленения является необходимым условием для поддержания хорошего и удовлетворительного состояния газонов и для планирования проведения обоснованных культуртехнических мероприятий. В настоящее время существуют критерии оценки пригодности городских почв как объектов ландшафтного дизайна для выращивания декоративных культур [16, 17].

Цель данной работы – определить основные свойства почв городских газонов разного качества и выявить причины неудовлетворительного состояния травостоя.

Объектами исследования являются смешанные образцы почв, отобранные из верхнего слоя газонов Владивостока, Уссурийска и Спасска-Дальнего в июне 2019 г. Содержание гумуса определяли методом И.В. Тюрина, рН солевой суспензии – потенциметрически, подвижные соединения фосфора и калия – по методу Кирсанова, плотность сложения – буровым методом, гранулометрический состав – методом раскатывания в шнур [1]. Качественное состояние газонов оценивали по МДС 13-5.2000*.

Проведенные исследования показали, что состояние газонного покрытия Владивостока, Уссурийска, Спасска-Дальнего во многом зависит от основных параметров почв, при этом причины неудовлетворительного состояния травяного покрова в городах Приморья различаются. Наиболее распространенные параметры свойств почв газонов (выборочно) приведены в таблице 1.

* МДС 13-5.2000. Нормативные документы Российской Федерации. Правила создания охраны и содержания зеленых насаждений в городах Российской Федерации.

Мощность гумусированного слоя почв газонов с хорошим состоянием травяного покрова находится в пределах от 11 до 23 см, что при среднесуглинистом гранулометрическом составе и оптимальной плотности сложения относится к категории удовлетворительно, поскольку такая толща гумусированного слоя способна обеспечить нормальное развитие большинства нетребовательных к питанию трав (табл. 1). Кислотность характеризуется как близкая к нейтральной и нейтральная и благоприятная для выращивания газонных трав. Содержание гумуса достаточное и варьирует от среднего в почве городского парка Уссурийска до высокого в почве газона на территории административного комплекса в Спасске-Дальнем. Содержание доступного фосфора повышенное, подвижного калия – высокое и очень высокое. Подобные свойства указывают на высокое плодородие почв при благоприятных агрофизических показателях.

А

Б

В

Состояние газонов: А – ул. Ершова (г. Спасск-Дальний), Б – ул. Некрасова (г. Уссурийск), В – ул. Плещеева (г. Владивосток)

Почвы под газонами с удовлетворительным состоянием травяного покрова имеют мощность гумусированного слоя от 11 до 21 см, легко- и среднесуглинистый гранулометрический состав и комковатую или порошисто-комковатую структуру. При этом степень уплотнения варьирует от слабой (ул. Калинина, Барбарисовая, Владивосток) до средней (ул. Светланская, Владивосток, ул. Владивостокское шоссе, Уссурийск). При средней степени уплотнения происходит значительное снижение впитываемости и газообмена, активизируется поверхностный сток влаги, возможно проявление угнетения роста растений. Обменная кислотность характеризует почвы во Владивостоке как среднекислые, что указывает на удовлетворительное состояние для большинства травянистых растений, в Уссурийске – как нейтральные, что указывает на оптимальные условия. Содержание гумуса оценивается как среднее и выше среднего. Содержание доступного калия среднее и повышенное в почвах Владивостока и очень высокое в почвах Уссурийска. Содержание обменного фосфора во Владивостоке в образце 16 очень низкое, в образце 43 – повышенное, в Уссурийске в образце 76 – крайне высокое.

Мощность гумусированного слоя почв газонов с неудовлетворительным состоянием травяного покрова значительно различается. Она совершенно недостаточна для нормального развития растений в почвах легко- и среднесуглинистого гранулометрического состава в газонах г. Владивостока и г. Уссурийска и удовлетворительна в г. Спасске-Дальнем (при оптимальной плотности сложения). В образцах 24 (Владивосток) и 38 (Уссурийск) выявлено сильное уплотнение (вследствие вытаптывания) и плохая оструктуренность почв, что способствует угнетению роста растений вследствие анаэробнозиса, а также усиливает риск дефляции и эрозии почв (выдувания и смыва). При создании газонов в почвах на ул. Плещеева и Четвертой (Владивосток), вероятно, были увеличены нормы посева семян газонных трав, что привело к появлению очень плотной дернины и значительному уплотнению верхнего слоя почвы (при недостаточном дренаже). Снижение аэрации в подобных случаях, особенно на участках с некачественно выровненной поверхностью, способствует выпреванию травяного покрова в микропонижениях. В условиях повышенной влажности и температуры (что характерно для южных районов Приморья во второй половине лета) активизируются сообщества токсичных цианобактерий и плесневых грибов, что приводит к массовому быстрому поражению

растительности. Значения рН солевого в почвах исследованных газонов повсеместно свидетельствуют об оптимальном уровне кислотности. Содержание гумуса очень низкое только в образце 24, в остальных оно варьирует от среднего до высокого. Высокое содержание торфа средней степени разложения совместно с легким гранулометрическим составом, бесструктурностью и повышенной плотностью могут служить причиной гидрофобности почв образца 9 (г. Спасск-Дальний). Растения на данных плохосмачиваемых почвах страдают от недостатка влаги, поскольку после пересыхания влажность почв восстанавливается очень медленно.

В некоторых почвах данной группы газонов обнаружен крайне резкий дисбаланс в содержании элементов питания. Содержание доступного калия лежит в пределах от среднего до очень высокого, недостатка в нем растения не испытывают. Содержание доступного фосфора в почвах газонов Владивостока низкое в образцах 55 и 191, среднее в образцах 192 и 193 и высокое в образце 24. В Уссурийске в образцах 38 и 68 отмечается сильная зафосфаченность (содержание подвижного фосфора 50-100 мг/100 г почвы), в Спасске-Дальнем – сверхсильная зафосфаченность (содержание подвижного фосфора 1 более 100 мг/100 г почвы), данные почвы относятся к категории химически загрязненных почв [14]. Подобное крайне высокое содержание подвижного фосфора может возникнуть в почвах при нерациональном внесении огромных доз фосфорных удобрений и при регулярном попадании на газон сточных вод с высоким содержанием поверхностно-активных веществ. В подобных случаях возникает опасность проникновения фосфора в сопредельные среды – грунтовые и поверхностные воды, вызывая эвтрофирования городских водоемов, в частности рекреационной зоны г. Уссурийска – Солдатское озеро [5]. Установлено также, что в водах р. Раздольная и р. Спасовка содержание растворенных форм фосфора в 2-4 раза выше, чем в водах малых рек, дренирующих залесенные малоосвоенные водосборы [21]. Фосфор является одним из важнейших элементов для живых организмов, который принимает участие во многих физиологических и биохимических процессах, в частности, без него невозможен энергетический обмен. В растениях он в наибольшей степени концентрируется в репродуктивных органах и молодых интенсивно растущих частях растений, основное количество фосфора растения потребляют в первые фазы роста и развития [22]. Избыток данного элемента в питании способен привести к ускоренному развитию растений, их преждевременному старению, что

Таблица 1

Основные свойства почв и оценка состояния газонов городов Приморья

Номер образца	Местоположение	Мощность гумуси- рованного слоя, см	pH _{KCl}	Гумус, %	Подвижные элементы (мг/100 г почвы)		Плотность сложения, г/см ³	Гранулометри- ческий состав	Оценка состояния газонного покрытия *
					P ₂ O ₅	K ₂ O			
г. Владивосток									
16	ул. Калинина	21	4,7	12,06	1,12	12,24	1,38	средний суглинок	II
24	пр.100-летия Владивостока	8	6,7	2,69	10,30	11,68	1,53	легкий суглинок	III
47	ул. Светланская	11	4,6	10,00	8,63	9,58	1,42	средний суглинок	II
53	Партизанский пр-т	11	7,1	9,78	10,55	19,89	1,15	средний суглинок	I
55	Парк ДОФ	7	3,9	14,25	2,44	24,27	1,24	легкий суглинок	III
191	ул. Барбарисовая	15	4,63	11,11	1,55	12,41	1,37	средний суглинок	II
192	ул. Плещеева	17	4,58	5,44	4,02	7,11	1,41	легкий суглинок	III
193	ул. Четвертая	15	4,63	3,00	5,87	9,79	1,51	легкий суглинок	III
г. Уссурийск									
38	ул. Некрасова	9	6,5	11,95	71,55	53,1	1,56	легкий суглинок	III
64	Парк им. Чумака	18	6,1	8,00	11,76	26,3	1,18	средний суглинок	I
65	Парк «Зеленый остров»	23	5,8	5,6	9,90	31,7	1,22	средний суглинок	I

68	Парк ДОРА	9	6,2	6,23	72,28	28,4	1,38	легкий суглинок	III
76	ул. Владивостокское шоссе	10	6,8	6,99	45,50	29,6	1,46	легкий суглинок	II
г. Спасск-Дальний									
1	ул. Ершова	15	6,8	12,34	405,24	21,4	1,24	средний суглинок	III
6	ул. Ершова	11	6,8	14,52	710,71	18,05	1,18	средний суглинок	III
7	ул. Ершова	11	6,8	15,2	7,26	39,6	1,14	средний суглинок	I
9	ул. Парковая	14	6,3	45,4*	19,5	36,1	1,37	легкий суглинок	III

Примечание. I – хорошее (поверхность хорошо спланирована, травостой густой однородный, равномерный, цвет интенсивно зеленый); II – удовлетворительное (поверхность газона с заметными неровностями, травостой не ровный с примесью сорняков, цвет зеленый) III – неудовлетворительное (травостой изреженный, неоднородный, окраска газона неровная, с преобладанием желтых оттенков, много плешин (МДС 13-5.2000)). * – потеря при прокаливании.

выражается в появлении некротических пятен, хлорозе листьев, общем пожелтении и гибели растений [26, 27]. Имеются сведения, что при содержании в почве подвижного фосфора в количестве более 45 мг/100 г, существует вероятность возникновения дисбаланса элементов в питании растений. При этом возможно резкое снижение поступления в них кальция, магния, цинка, железа и марганца [9, 24, 25], что неминуемо приводит к нарушениям в развитии растений, и даже к их гибели.

Экспериментально установлено, что применение высоких доз фосфорсодержащих удобрений вызывает снижение количества фитомассы газонных трав (табл. 2), высыхание газонов. При этом выявлено негативное воздействие и на другие составляющие биогеоценозов. При содержании в почве подвижных форм фосфора выше 32,5 мг/100 г в эукариотных и прокариотных почвенных микробных сообществах (грибных и бактериальных)

происходят неблагоприятные изменения, что выражается в возрастании доли споровой биомассы в структуре микромицетов [24]. Для снижения негативного эффекта избыточного содержания фосфора в почвах рекомендуется листовая обработка газонов растворами, содержащими азотные удобрения, железо и цинк (внекорневая подкормка). Если газон сохнет пятнами, может помочь внесение в почву сульфата железа (FeSO_4) в качестве мелиоранта для перевода фосфат-ионов в слаборастворимую форму [25]. Мелиорирующее воздействие железного купороса способно усиливается за счет седиментационного воздействия иона железа на тонкие фракции почвы, что способствует повышению степени ее оструктуренности и улучшению водно-физических свойств (фильтрационной способности, воздушного режима).

Таблица 2

Изменение некоторых химических показателей модельного почвогрунта в зависимости от содержания фосфогипса [23]

Содержание фосфогипса, %	Содержание доступного P_2O_5 , мг/100 г почвы	Фитомасса смеси газонных трав "Универсал", % контроля
0 (Контроль)	13,2	100
1,1	16,3	135
3,3	27,5	179
7,5	32,5	80
14,7	40,5	70
25	97,0	65
100	286,0	40

Говоря о неудовлетворительном состоянии газонов, не стоит отбрасывать и такой фактор, как низкий уровень экологической культуры населения. Повсеместно люди позволяют себе заезды и парковку на озелененных участках, что ведет к уничтожению газона, механическому повреждению плодородного слоя и переуплотнению почв. Большинство жителей не утруждают себя уборкой продуктов жизнедеятельности домашних любимцев при выгуле животных, не считая подобные действия загрязнением территории. Несомненно, фекалии портят внешний вид и запах газона. Кроме того, следует учитывать и тот факт, что большинство

домашних питомцем в настоящее время питается сухими кормами, содержащими значительное количество фосфора (жизненно необходимый элемент), при этом в суточной порции твердых выделений собаки содержание фосфора может достигать 3 г [11, 20]. Подобные «бомбочки» способны вызвать локальное загрязнение и отмирание растительности на газонах, появлению на них желтых пятен.

Обязательным этапом благоустройства территории должна быть оценка экологического состояния почв. Создаваемый потенциально-плодородный почвенный слой должен иметь определенные, соответствующие существующим критериям параметры агрофизического и агрохимического состава [16, 17].

В настоящее время, к сожалению, в большинстве случаев работы по благоустройству и озеленению ведутся без учета почвенных свойств. Улучшение и создание почвенного покрова сводится к насыпке слоя торфа со смесью семян газонных трав мощностью 3-5 см на уплотненный слой минерального грунта, оставшегося после строительства, на который легла вся нагрузка строительной техники. Этот слой практически непроницаем для корневых систем и влаги. В период интенсивных осадков из-за застоя влаги на поверхности минерального грунта корнеобитаемая торфосмесь переувлажняется до критических значений влажности, возникает анаэробный процесс, что влечет угнетение и гибель растений. В результате естественной деструкции и смыва торфосмеси, нижележащий минеральный слой, как правило, обнажается уже через год, что приводит к исчезновению газонной растительности и медленному освоению минерального грунта преимущественно сорными видами. В сухой период торф быстро раздувается ветром, а зачастую горит, что наглядно проявилось весной 2019 г. в Советском районе г. Владивостока. На дневной поверхности после выгорания остался уплотненный минеральный грунт, непригодный для растительности. Очень часто на подобных субстратах даже в период осадков вода не проникает в почвенную толщу, а неравномерно распределяется по поверхности, либо стекает при наличии уклона. Пересыхание почвы на наклонных участках приводит к развитию гидрофобности поверхностного слоя, неспособности почвы пропитываться влагой даже при регулярном увлажнении, что является причиной гибели газонной растительности.

Начальным этапом в создании оптимального почвенного слоя является обязательное глубокое рыхление уплотненного минерального грунта с последующим дискованием нанесенного торфяного слоя со смесью газонных трав. Данный комплекс культуртехнических мероприятий позволяет создать потенциально-плодородный слой почвы требуемой мощности и плотности, способный аккумулировать дополнительное количество влаги.

Значительная часть газонов городов Приморья имеет малопривлекательный вид. Одной из главных причин подобного состояния является недооценка важности параметров почвенного покрова городских территорий как базового компонента любого биоценоза. Большая часть обследованных участков имеет легко- и среднесуглинистый гранулометрический состав и благоприятные для растительности параметры кислотности – слабокислую и близкую к нейтральной среду. Неудовлетворительное состояние травостоя может быть вызвано малой мощностью потенциально-плодородного слоя, значительным его уплотнением и низким содержанием гумуса. В ряде случаев отмечается сильная и сверхсильная зафосфаченность почв, способная привести к резкому нарушению жизненного цикла трав, преждевременному их отмиранию. В различных городах Приморья причины неудовлетворительного состояния травяного покрытия отличаются: если во Владивостоке и Уссурийске газоны часто имеют малую мощность гумусового слоя и страдают от переуплотнения, то в Спасске-Дальнем встречается химическое загрязнение почв (сильное зафосфачивание).

Для создания и поддержания газонов в хорошем декоративном состоянии необходимо учитывать почвенный фактор. Только с помощью регулярного мониторинга можно своевременно выявить негативные изменения основных параметров состояния почвы и провести соответствующих мероприятий по улучшению качества почвенного покрова, а, следовательно, обеспечить нормальное функционирование растительности.

Литература

1. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.
2. Волкова Л.Б., Соболев Н.А. Разнотравный газон в современной концепции озеленения городов (на примере Москвы) // Лесной вестник. 2015. № 5. С.145 – 152.

3. Голубчиков С.Н. Пыль в Москве: что делать? // Энергия: экономика, техника, экология. 2013. № 7. С.72 – 74.
4. Дорофеева Т.Б. Анализ состояния городских зеленых насаждений в Пушкинском районе Санкт-Петербурга // Биосфера. 2012. Т. 4. № 2. С.158 – 166.
5. Жариков В.В., Преображенский Б.В., Вшивкова Т.С., Лебедев А.М., Медведева Л.А. Обоснование мер по восстановлению рекреационного потенциала озера Солдатского (г. Уссурийск, Приморский край): результаты комплексного исследования компонентов геосистемы // Исследования в области естественных наук. 2012. № 6 [Электронный ресурс] URL: <http://science.snauka.ru/2012/06/496>
6. Жарикова Е.А. Оценка основных свойств почв лесных и парковых территорий города Владивостока // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2012. № 1. С.40 – 46.
7. Жарикова Е.А. Эколого-геохимическое состояние почв рекреационных территорий Уссурийска // Вестник ДВО РАН. 2014. № 5. С. 78 – 85.
8. Калманова В.Б. Экологический каркас урбанизированных территорий (на примере города Биробиджана) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18. № 2. С. 385 – 388.
9. Кудеярова А.Ю. Фосфатогенная трансформация почв. М.: Наука, 1995. 288 с.
10. Куринская Л.В. Фитомелиоративная роль газонов в городских условиях // Стратегия развития регионов России. 2012. № 11. С. 141 – 143.
11. Левченко Ю.И. Влияние различных кормов на обмен веществ и рабочие качества служебных собак // Автореф. дисс. ...к. с-х.н.. Персиановский, 2016. 22 с.
12. Морозова Г.Ю., Дебелая И.Д. Анализ проблем озеленения современного города (на примере Хабаровска) // Вестн. ДВО РАН. 2018. № 4. С.38–48.
13. Панина Л.В. Локальные сухие пятна на газонах гольф грино как следствие дефицита воды и гидрофобности почвы// Лесной вестник. 2010. № 7. С.99 – 104.
14. Прокофьева Т.В., Герасимова М.И., Безуглова О.С., Бахматова К.А., Гольева А.А., Горбов С.Н., Жарикова Е.А., Матинян Н.Н., Наквасина Е.Н., Сивцева Н.Е. Введение почв и почвоподобных образований

городских территорий в классификацию почв России // Почвоведение. 2014. № 10. С. 1155 – 1164.

15. Пугина М.А. Влияние почвенно-грунтовых условий на состояние газона // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2007. № 7. С. 107 – 110 .

16. Смагин А.В., Азовцева Н.А., Смагина М.В., Степанов А.Л., Мягкова А.Д., Курбатова А.С. Некоторые критерии и методы оценки экологического состояния почв в связи с озеленением городских территорий // Почвоведение. 2006. № 5. С. 603 – 615.

17. Смагин А.В. Критерии и нормативы экологической оценки городских почвенных ресурсов // Экологический вестник Северного Кавказа. 2008. № 4. С. 24 – 41.

18. Тюльдюков В.А., Кобозев И.В., Парахин Н.В. Газоноведение и озеленение населенных территорий. М.: Колос, 2002. 264 с.

19. Федоров И.Д. Трансформация почвенного покрова при формировании жилых массивов // Вестник МГУ. Сер. 17. Почвоведение. 2006. № 1. С.3 – 9.

20. Хенниг А. Минеральные вещества, витамины, биостимуляторы в кормлении сельскохозяйственных животных. Москва: Колос, 1976. 560 с.

21. Шулькин В.М., Богданова Н.Н., Перепелятников Л.В. Пространственно-временная изменчивость химического состава речных вод юга Дальнего Востока РФ // Водные ресурсы. 2009. Т. 36. № 4. С. 428 – 439.

22. Ягодин Б. А., Жуков Ю. П., Кобзаренко В. И. Агрохимия. М.: Колос, 2002. 584 с.

23. Яковлев А.С., Каниськин М.А., Терехова В.А. Экологическая оценка почвогрунтов, подверженных воздействию фосфогипса // Почвоведение. 2013. № 6. С. 737 – 743.

24. DeForest J. L. Chronic phosphorus enrichment and elevated pH suppresses *Quercus* spp. leaf litter decomposition in a temperate forest // Soil Biology and Biochemistry. 2019. Vol. 135. P. 206 – 212.

25. Delorme T. A., Angle J. S., Coale F. J., Chaney R. L. Phytoremediation of Phosphorus-Enriched Soils // International Journal of Phytoremediation. 2000. Vol. 2, No. 2. P. 173 – 181.

26. Marschner H. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London. 1995. 889 p.

27. Hawkins H-J., Hettasch H., Mesjasz-Przybylowicz J., Przybylowicz W., Cramer M.D. Phosphorus toxicity in the Proteaceae: A problem in post-agricultural lands // *Scientia Horticulturae*. 2008. Vol. 117. P. 357 – 365.

28. Moral Garcia F.J., Dekker L.W., Oostindie K, Ritsema C.J. Soil Water repellency in the Natural Park of Donana, southern Spain // *Soil Water Repellency: Occurrence, Consequences and Amelioration*. 2003. Amsterdam, Elsevier. P. 121 – 125.