



Источник фото (the photo source): <https://www.sb.by/articles/feyk-rubyat-shchepki-letyat.html?ysclid=m3zx2537w6854691933>

ОСОБЕННОСТИ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ БЕЛОРУССИИ

Принята к публикации 9.12.2024. Опубликовано 27.12.2024

КОРОЛЁВ В.А.

Профессор кафедры инженерной и экологической геологии геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, д. г.-м. н., профессор, г. Москва, Россия
va-korolev@bk.ru

ГАЛКИН А.Н.

Профессор кафедры экологии и географии Витебского государственного университета имени П.М. Машерова, д. г.-м. н., г. Витебск, Белоруссия

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены особенности природно-технических лесохозяйственных эколого-геологических систем (ЭГС), широко распространенных на территории Белоруссии. Несмотря на то что эти системы занимают значительные площади на территории республики, они остаются практически неизученными, об их абиотических и биотических компонентах имеются лишь отрывочные разрозненные сведения. На основе ранее разработанной авторами систематики эколого-геологических систем территории Белоруссии в настоящей статье предпринята попытка составить их общую характеристику, а также выявить и охарактеризовать особенности их абиотических (литотопа, гидротопа, эдафотопа) и биотических (микробеценоза, фитоценоза, зооценоза) компонентов. Выявленные закономерности и особенности лесохозяйственных ЭГС Белоруссии можно рассматривать как общие для аналогичных ЭГС России, которые необходимо учитывать при инженерно-экологических изысканиях и исследованиях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

эколого-геологическая система (ЭГС); природно-техническая лесозаяственная ЭГС; литотоп; гидротоп; эдафотоп; микробеценоз; фитоценоз; зооценоз; Белоруссия.

ССЫЛКА ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Королёв В.А., Галкин А.Н. Особенности лесохозяйственных эколого-геологических систем Белоруссии // ГеоИнфо. 2024. Т. 6. № 12. С. 6–19. DOI:10.58339/2949-0677-2024-6-12-6-19.

FEATURES OF FORESTRY ECOLOGICAL- GEOLOGICAL SYSTEMS OF BELARUS

Accepted for publication on December 9, 2024. Published on December 27, 2024.

KOROLEV V.A.

DSc, professor at the Department of Engineering and Ecological Geology, Faculty of Geology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
va-korolev@bk.ru

GALKIN A.N.

DSc, professor at the Department of Ecology and Geography, Masherov Vitebsk State University, Vitebsk, Belarus
galkin-alexandr@yandex.ru

ABSTRACT

The paper considers the features of natural-technical forestry ecological-geological systems that are widespread in Belarus. Despite the fact that these systems occupy significant areas in the territory of the republic, they remain practically unstudied, there is only fragmentary and scattered information about their abiotic and biotic components. On the basis of the taxonomy of the ecological-geological systems of Belarus, which was previously developed by the authors, this paper attempts to compile their general characteristics, as well as to identify and characterize the features of their abiotic (lithotope, hydrotope, edaphotope) and biotic (microbiocenosis, phytocenosis, zoocenosis) components. The identified patterns and features of the forestry EGS of Belarus can be considered as common ones for similar EGS in Russia, which must be taken into account in engineering-environmental surveys and studies.

KEYWORDS:

ecological-geological system (EGS); natural-technical forestry EGS; lithotope; hydrotope; edaphotope; microbiocenosis; phytocenosis; zoocenosis; Belarus.

FOR CITATION:

Korolev V.A., Galkin A.N. Features of forestry ecological-geological systems of Belarus // *GeolInfo*. 2024. Т. 6. № 12. S. 6–19. DOI:10.58339/2949-0677-2024-6-12-6-19 (in Rus.).

ВВЕДЕНИЕ ►

Основным объектом исследований экологической геологии являются эколого-геологические системы (ЭГС) – части экосистемы как совокупности абиотических и биотических компонентов. К настоящему времени охарактеризована систематика природных и техногенных ЭГС территории Белоруссии [1, 2], а также особенности природных ЭГС этой страны, формирующихся на массивах различных дисперсных и скальных грунтов [3–5]. В то же время характерные особенности техногенных ЭГС остаются пока слабо изученными.

Как нами было отмечено ранее [1, 2], на территории республики выделяются два класса техногенных ЭГС (биолитотехнические и социолитотехнические) и четыре их типа (сельскохозяйственные, лесохозяйственные, сельско-лесохозяйственные и рекреационные). Особое место среди них занимают *лесохозяйственные ЭГС*, получившие довольно широкое распространение (около 13% территории страны [6]). С функциональной точки зрения *лесохозяй-*

ственные ЭГС представляют собой лесные комплексы, используемые человеком для производства древесины, обеспечения рационального, непрерывного, неистощительного лесопользования и находящиеся в ведении тех или иных лесхозов. При этом лесопользование включает в себя: лесозаготовку, лесозащиту, лесовосстановление (лесоразведение), охрану природы и обеспечение биоразнообразия, рекреационное и научное использование леса, а также охоту и рыбалку. Подчеркнем, что при этом рассматриваются ЭГС, расположенные лишь на лесных территориях, подвергающихся воздействию человека при лесопользовании, а природные территории, занятые лесами и не затронутые какой-либо хозяйственной деятельностью, к ним не относятся.

С учетом структуры компонентов рассматриваемой системы **лесохозяйственной эколого-геологической системой** называется *биолитотехническая ЭГС, состоящая из технобиocenоза (представленного частично измененными человеком лесными мик-*

робо-, фито- и зооценозами, а также социумом), и технобиотопом (представленного частично измененными человеком литотопом, гидротопом, эдафотопом, а также лесотехническими сооружениями), функционирующими как единое целое.

Эколого-геологические особенности таких систем, структура и характерные черты их абиотических и биотических компонентов имеют свою специфику, весьма отличную от специфики других ЭГС, и до настоящего времени остаются недостаточно изученными. Поэтому на основе ранее разработанной авторами систематики эколого-геологических систем территории Белоруссии [1, 2] в настоящей статье предпринята попытка составить общую характеристику природно-технических лесохозяйственных ЭГС республики, а также выявить и охарактеризовать особенности их абиотических (литотопа, гидротоп, эдафотопа) и биотических (микробоценоза, фитоценоза, зооценоза) компонентов, что составило **цель и задачи** настоящей работы.



Рис. 1. Структура лесохозяйственной эколого-геологической системы. Аббревиатуры: ГДП – геодинамическое поле; ИГП – инженерно-геологические процессы; ГХП – геохимическое поле; ГФП – геофизическое поле

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ И КОМПОНЕНТОВ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЭГС ▶

Особенности структуры лесохозяйственной ЭГС ▶

В отличие от природных ЭГС, структура лесохозяйственных ЭГС имеет свои специфические особенности, поскольку практически все их компоненты являются в той или иной степени техногенно преобразованными (рис. 1).

Поэтому названия почти всех компонентов лесохозяйственных ЭГС представляют собой сложные слова с первой частью «техно-», которая отражает их техногенную трансформацию. В то же время необходимо отметить, что степень техногенной трансформации таких ЭГС невысока по сравнению с другими техногенными эколого-геологическими системами и обычно не превышает 50%. Это позволяет рассматривать лесохозяйственные ЭГС как техноприродные. Исключения составляют участки

лесных гарей и искусственных лесонасаждений, где техногенная трансформация существенно больше 50%, – такие ЭГС рассматриваются как природно-техногенные.

Лесохозяйственные ЭГС – весьма распространенный тип техноприродных и природно-техногенных эколого-геологических систем Белоруссии. Они отличаются широким многообразием, обусловленным неоднородностью:

- состава их техногенной составляющей, в которой по признаку прямого или опосредованного воздействия на природную подсистему ЭГС выделяются *собственно технические* (парки машин и оборудования для проведения лесоустроительных и лесозаготовительных работ, специализированные здания и сооружения и др.) и *квазитехнические* (эксплуатационные лесные массивы¹, лесопитомники, санитарные вырубki, лесные гари, прогалины, образовавшиеся вследствие ветровала, бурелома или снеговала, площади, занятые несо-

мкнущимися лесными культурами, лесопосадки и др.) объекты или системы [7] (рис. 2);

- существующих условий, создаваемых комплексом современных морфологически выраженных геологических и других природных факторов, влияющих на особенности функционирования этих систем.

Особые виды квазитехнических лесохозяйственных ЭГС образуются на территориях лесов, используемых для специального лесопользования – осуществления геологического изучения недр, разведки и добычи полезных ископаемых без предоставления лесного участка, с установлением или без установления сервитута², а также для строительства, реконструкции, эксплуатации линейных объектов без предоставления лесных участков, с установлением или без установления сервитута, публично-сервитута. В Белоруссии эта деятельность регулируется Кодексом Республики Беларусь о земле³ и Лесным кодекс-

¹ Леса, предназначенные для заготовки древесины рубкой спелых и перестойных насаждений [23].

² Сервитут – ограниченное право пользования земельным участком. В Белоруссии право ограниченного пользования чужим земельным участком (сервитут) регулируется статьей 19 Кодекса Республики Беларусь о земле, в России – статьей 23 Земельного кодекса РФ.

³ Кодекс Республики Беларусь о земле от 23.07.2008 № 425-3 (с изм. и доп.: Закон Республики Беларусь от 08.01.2024 № 350-3).

сом Республики Беларусь⁴; в России – Земельным кодексом РФ⁵ и Лесным кодексом РФ⁶. От общего лесопользования специальное отличается тем, что оно осуществляется, как правило, на основе специального юридического документа (государственного акта, разрешения или др.) и на определенные части природных ресурсов в соответствии с их целевым назначением в процессе удовлетворения хозяйственных и иных интересов общества.

Согласно указанным документам для специального использования лесов в целях осуществления геологического изучения недр, разведки и добычи полезных ископаемых лесной участок, находящийся в государственной или муниципальной собственности, предоставляется в аренду или же в отношении этого лесного участка может быть установлен сервитут. Допускается использование лесов в целях осуществления геологического изучения недр без предоставления лесного участка, установления сервитута, если выполнение работ в указанных целях не влечет за собой проведение рубок лесных насаждений или возведение объектов капитального строительства.

Кроме того, леса, расположенные на землях, не относящихся к землям лесного фонда, предоставляются гражданам, юридическим лицам на основании разрешения на использование земель или земельного участка, находящихся в государственной или муниципальной собственности в целях:

- проведения инженерных изысканий либо капитального или текущего ремонта линейного объекта на срок не более 1 года;
- строительства временных или вспомогательных сооружений (включая ограждения, бытовки, навесы), складирования строительных и иных материалов, техники для обеспечения строительства, реконструкции линейных объектов федерального, регионального или местного значения на срок их строительства, реконструкции.

Особенности техногенных воздействий в пределах лесохозяйственных ЭГС ▶

Учет особенностей техногенных воздействий в пределах лесохозяйственных ЭГС чрезвычайно важен, так как именно от этих особенностей зависит техно-



Рис. 2. Расчистка прогалины, образовавшейся вследствие бурелома в Минской области в 2024 году [8]

генная трансформация всех вышерассмотренных компонентов этих ЭГС.

Техногенные воздействия на лесные ЭГС могут быть прямыми или косвенными. Прямыми воздействиями являются: сплошная вырубка лесов, лесные пожары и выжигание растительности, уничтожение лесов и растительности при создании хозяйственной инфраструктуры (затопление при создании водохранилищ, уничтожение вблизи карьеров, промышленных комплексов), усиливающийся прессинг со стороны туризма и др. Косвенное воздействие представляет собой изменение условий обитания в результате антропогенного загрязнения воздуха, воды, применения пестицидов и минеральных удобрений. Определенное значение имеет также проникновение в растительные сообщества чуждых видов растений (интродуцентов) [9, 10].

Источниками прямых техногенных воздействий в пределах лесохозяйственных ЭГС являются:

- вырубка лесов при заготовке древесины (включая санитарные рубки);
- подъездные дороги к вырубкам;
- техника, используемая для рубки и транспортировки древесины;
- временные инженерные постройки и сооружения;
- места хранения горюче-смазочных материалов и вспомогательных средств;
- инженерные объекты при геологическом использовании недр и др.

В результате воздействий этих источников изменяются характеристики всех

компонентов лесохозяйственных ЭГС – как абиотических, так и биотических. Рассмотрим эти изменения и особенности ЭГС.

Особенности абиотических и биокосных компонентов лесохозяйственной ЭГС ▶

Особенности литотопов и гидротопов

Технолитотопы лесохозяйственных ЭГС представлены массивами грунтов различного состава (песчаных, глинистых, песчано-глинистых, торфяных и др.) и генезиса, служащих основаниями для сооружений или субстратами для квазитехнических систем. По составу и свойствам они отличаются от литотопов других техногенных ЭГС. Это связано по большей части с особенностями технических составляющих этих систем, преимущественным составом древесных пород или типом леса, и их влиянием на состояние гидротопов и эдафотопов.

Известно, что лесные насаждения благоприятствуют проникновению атмосферных осадков в верхние горизонты литосферы [11]. Уровень грунтовых вод (УГВ) под лесом держится ниже, чем на соседних безлесных участках местности. Объясняется это расходом влаги лесом при ее транспирации. В отдельных случаях УГВ может повышаться в лесу или быть одинаковым с уровнем воды на безлесных площадях. Это зависит от рельефа местности, механи-

⁴ Лесной кодекс Республики Беларусь от 24.12.2015 № 332-З (с изм. и доп.: Закон Республики Беларусь от 17.07.2023 № 293-З).

⁵ Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 08.08.2024) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2024).

⁶ Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ (ред. от 08.08.2024) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2024).

ческих и физических свойств почвенно-грунтового субстрата, времени года и других факторов. Так, на массивах песчаных грунтов не отмечается заметной разницы между УГВ в лесу и вне леса и колебания по сезонам года могут быть одинаковыми, что также зависит от выпадающих осадков. На равнинных участках уровни грунтовых вод в лесу находятся так же высоко, как и на открытом месте.

По-разному расположены грунтовые воды и в различных типах леса. Например, в сосновом бору УГВ находится на глубине 2,8–3,5 м, летом уровень понижается незначительно (на 0,1 м); при УГВ на глубине 1,4–1,7 м в бору черничном снижение уровня летом достигает 0,4–0,5 м. В еловых насаждениях УГВ снижается сильнее, чем в сосняках, на 0,2–0,3 м, так как ель транспирирует влагу интенсивнее и задерживает осадки кронами больше, чем сосна [12].

Значительное влияние на уровень грунтовых вод оказывают вырубki лесов, пожары и другие бедствия. Зафиксированные факты поднятия УГВ после таких событий многочисленны [13–15 и др.]. Повышение УГВ нередко приводит к обводнению вырубok. Это явление наблюдается преимущественно в лесах, произрастающих на слабодренированных почвах, то есть там, где слаб отток грунтовых вод или его совсем нет.

Отмеченные особенности литотопов и гидротопов лесохозяйственных ЭГС порождают в их пределах развитие различных экзогенных геологических и инженерно-геологических процессов и явлений, влияющих на *экологическую геодинамическую функцию* этих ЭГС. Среди таких процессов следует отметить поверхностную (склоновую) и линейную эрозии, заболачивание, суффозию и др.

Кроме того, эти особенности лесохозяйственных ЭГС обуславливают и специфические черты их *экологической геохимической функции*. Благодаря процессу фильтрации через почвы и подстилающие их грунты лесные массивы оказывают положительное воздействие на качество подземных вод. Лесные воды содержат меньше взвешенных частиц и химических веществ, чем вода, поступающая с сельскохозяйственных полей, урбанизированных и других антропогенно загрязненных территорий. При увеличении антропогенной нагрузки качество вод лесов сохраняет преимущество перед качеством вод других категорий. Это свидетельствует о том, что леса как мощные экосистемы обла-

дают значительным потенциалом для самоочищения и защиты от разрушительного воздействия техногенеза [16]. Тем не менее в определенных условиях леса сами могут становиться источниками поступления в водоносные горизонты дополнительных количеств загрязняющих веществ, что чаще всего обусловлено слишком интенсивным внешним притоком химических элементов в лесные насаждения [7].

Особенности техноэдафотопов

В зависимости от сочетания факторов почвообразования почвы лесохозяйственных ЭГС характеризуются значительной пестротой. Степень техногенной трансформации этих почв также различна: она максимальна в лесопитомниках и на территориях лесовосстановления, а также на участках геологического использования недр (прокладки линейных инженерных сооружений и т.п.), а минимальной она сохраняется на территориях лесоразработок.

Среди рассматриваемых эдафотопов в лесах Белоруссии получили распространение бурые лесные, подзолистые, дерновые, дерново-подзолистые, дерново-глеевые, торфяно-болотные почвы и др. Причем наибольшим развитием пользуются дерново-подзолистые почвы [14]. Развиваются они на грунтах различного генезиса и сложения в разнообразных условиях рельефа, что приводит к значительным вариациям их морфологии и свойств. Тем не менее эти почвы имеют ряд характеристик, которые их объединяют. Так, в верхней части профиля все они имеют гумусово-элювиальный (дерновый) горизонт (A_1), образовавшийся в результате дернового процесса, ниже – подзолистый горизонт (A_2), сформировавшийся под влиянием подзолистого процесса. Эти почвы характеризуются небольшой мощностью дернового горизонта (10–20 см), низким содержанием гумуса (в среднем 1,5–2,5% для автоморфных и 3–5% для полугидроморфных почв), питательных веществ, кислой реакцией среды и наличием малоплодородного подзолистого горизонта, сменяемого вниз по профилю переходным (A_2B_1) и иллювиальным (B_1) горизонтами [17]. Последний постепенно переходит в материнскую породу (С или D) (рис. 3).

Морфологические особенности дерново-подзолистых почв находятся в тесной связи с их химическими свойствами. В составе их гумуса преобладают фракции фульвокислот. Эти почвы мало насыщены основаниями, особенно

их верхние горизонты, где поглощенные катионы H^+ и Al^{3+} часто преобладают над Ca^{2+} и Mg^{2+} . В нижележащих горизонтах соотношение обменных катионов немного меняется в сторону увеличения ионов кальция и магния. Развитие подзолообразовательного процесса в данных почвах отчасти меняет их гранулометрический состав: верхние горизонты вследствие выноса илистых частиц опесчаниваются, нижележащие – «оглиниваются». Характерными особенностями водно-физических свойств дерново-подзолистых почв являются большая плотность сложения, невысокая водопроницаемость и плохая аэрация в нижних горизонтах в случае подстилания плотными породами [19].

Особенности биотических компонентов лесохозяйственных ЭГС ▶

Особенности техномикробиоценоза

Микробиоценоз играет значительную роль в функционировании рассматриваемых ЭГС, в особенности тех, которые состоят из квазитехнических подсистем (тогда его надо рассматривать как техномикробиоценоз). Видовой состав его представлен простейшими, низшими водорослями, низшими грибами, актиномицетами и бактериями, основная масса которых находится в почве. Распространены микроорганизмы по всему профилю лесных почв, однако основная их масса сконцентрирована в гумусовом горизонте. Общий вес сырой массы различных микроорганизмов может составлять в верхнем 25-сантиметровом слое до 10 т/га, в составе гумуса их масса достигает 2,5%. В 1 г почвы их численность в Белоруссии обычно составляет десятки или сотни миллионов экземпляров [19]. Эти величины весьма динамичны и зависят от множества факторов, среди которых наряду с составом и свойствами почвенно-грунтового субстрата следует отметить сезонность климата, характер самой лесной растительности (видовой состав, возраст насаждений, состояние корневой системы и т.д.), а также воздействие природных и техногенных стихий, в первую очередь пожаров.

Например, М.Я. Остриковой и И.М. Баландиной [20] был изучен состав физиологических группировок микроорганизмов и соотношений их численности в почвах сосновых и сосново-березовых культур. В исследованных в июне 40-летних сосновых культурах, пораженных корневой губкой, ко-

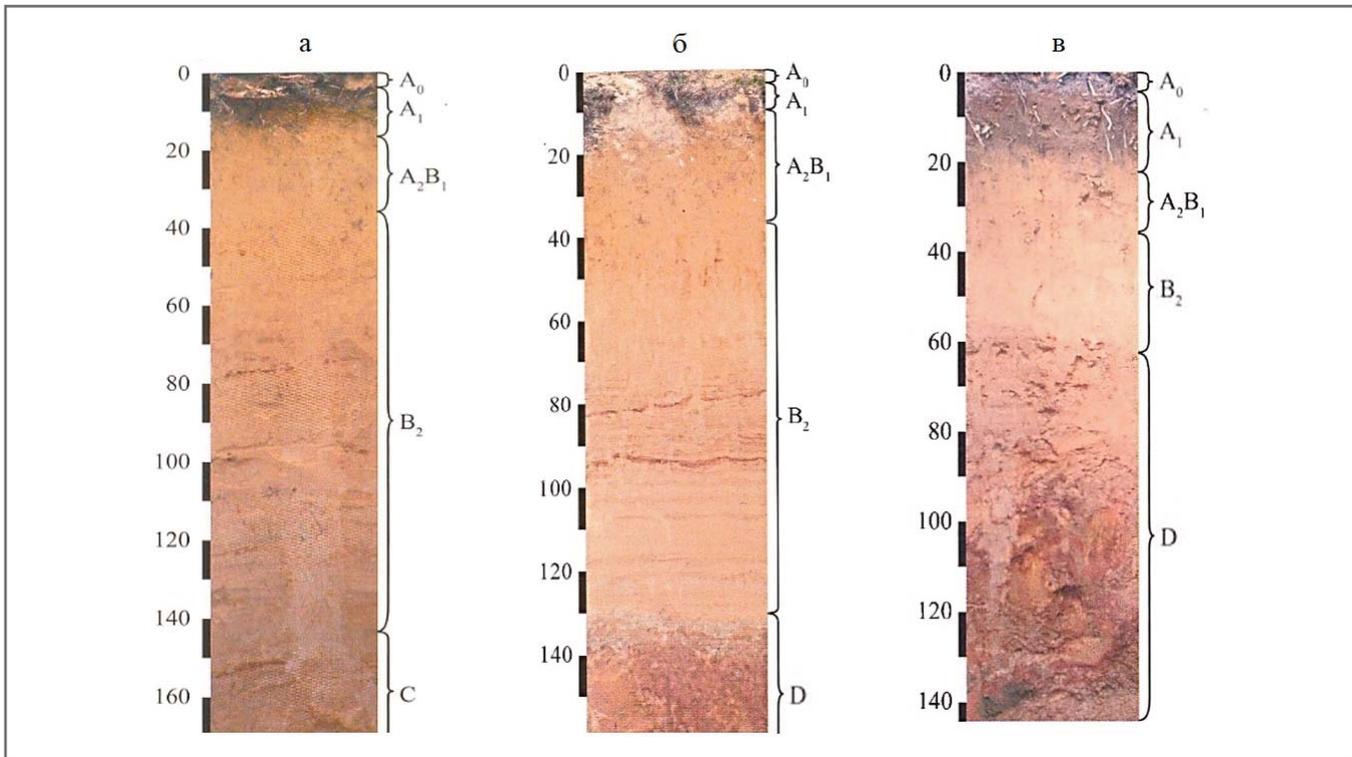


Рис. 3. Дерново-подзолистые лесные почвы: а – слабоподзоленная песчаная на водно-ледниковом рыхлом песке (сосняк вересковый, брусничный); б – слабоподзоленная песчаная на водно-ледниковом рыхлом песке, подстилаемом начиная с глубины более 1 м моренным средним суглинком (сосняк мшистый, реже брусничный); в – слабоподзоленная супесчаная на водно-ледниковой супеси, сменяемой связным песком, подстилаемым начиная с глубины менее 1 м моренным средним суглинком (сосняк, березняк орляковый, ельник мшистый) (по [18])

личество почвенных аммонифицирующих бактерий, усваивающих органический азот, составило $29,5 \times 10^9$, что было выше, чем в пораженных корневой губкой 40-летних сосново-березовых культурах ($18,7 \times 10^9$). Количество почвенных актиномицетов также было больше в пораженных 40-летних сосновых насаждениях ($17,1 \times 10^9$), однако численность плесневых грибов и свободных азотфиксирующих бактерий была несколько выше в пораженных 40-летних сосново-березовых культурах ($0,5 \times 10^9$ и $1,9 \times 10^9$ соответственно). Таким образом, в июне соотношение этих групп микроорганизмов в 40-летних сосновых культурах, пораженных корневой губкой, составило 1,0:1,1, а в 40-летних сосново-березовых – 1,0:1,5.

В октябре общее количество микроорганизмов, за исключением плесневых грибов, увеличилось [20]. Относительные соотношения групп микроорганизмов составили 1,0:5,0 и 1,0:6,1 соответственно. Это подтвердило имеющиеся в научной литературе данные о том, что количество микроорганизмов, усваивающих минеральный азот, осенью может превышать число бактерий, усваивающих органический азот [21].

Была также сопоставлена численность физиологических групп микроорганизмов в 40-летних сосновых куль-

турах, здоровых и пораженных корневой губкой [20]. В июне в пораженных сосняках количество бактерий, усваивающих органический азот, составило $29,5 \times 10^9$, что было выше, чем в здоровых сосновых культурах ($16,0 \times 10^9$). Данное соотношение авторы исследования [20] объясняют повышенным содержанием опада в сосновых культурах, пораженных корневой губкой (действительно, как было отмечено в работе [22], изменение количества опада непосредственно сказывается на соотношениях микроорганизмов, потребляющих органический азот). Численность же микроорганизмов, усваивающих минеральный азот, за исключением актиномицетов, либо больше в здоровых сосняках либо примерно одинакова в здоровых и пораженных.

В октябре относительные соотношения групп микроорганизмов в основном сохранились. В то же время общее количество микроорганизмов, за исключением плесневых грибов, увеличилось, что подтверждает выраженную сезонную динамику в развитии физиологических групп микроорганизмов [20].

В формировании состава и численности микробиоты почв лесохозяйственных ЭГС велика роль пожаров. Исследования их влияния на качественный и количественный состав почвен-

ной микрофлоры, проведенные И.В. Гуняженко [23] на шести пробных площадках на территории Цельского лесничества Осиповичского лесхоза Минской области в условиях шести наиболее распространенных и хорошо выделяемых типов леса (сосняков лишайниковом, вересковом, брусничном, черничном, долгомошном и сфагновом), показали следующее. Наибольший ущерб микрофлоре нанесли низовые пожары, возникшие в суходольных лесах (сосняках лишайниковом, вересковом, брусничниковом), а наименьший – в увлажненных лесах всех типов, за исключением сосняка долгомошного (см. таблицу). Максимальный ущерб почвенной микрофлоре нанес лесной пожар в сосняке лишайниковом, где снижение ее количества даже по истечении 9 лет после пожара составило примерно 40%. Минимальный ущерб был отмечен в сосняке сфагновом, где количество микроорганизмов в почве поврежденной секции снизилось лишь на 12% [8].

Кроме этого И.В. Гуняженко [24] были выполнены исследования на территории Негорельского учебно-опытного лесхоза Минской области в 45-летнем сосняке вересковом. Были выявлены некоторые зависимости содержания микроорганизмов в почве от степени ее по-

Таблица. Влияние низовых пожаров на почвенную микрофлору в различных типах сосновых лесов (по [8])

№ проби. площ.	Сосняк	Количество микроорганизмов							
		общее		бактерий		актиномицетов		грибов	
		тыс. шт./1 г	%	тыс. шт./1 г	%	тыс. шт./1 г	%	тыс. шт./1 г	%
1	Лишайниковый	$\frac{565}{337}$	$\frac{100}{59,6}$	$\frac{372}{216}$	$\frac{100}{58,1}$	$\frac{139}{96}$	$\frac{100}{69,1}$	$\frac{54}{25}$	$\frac{100}{48,1}$
2	Вересковый	$\frac{578}{454}$	$\frac{100}{78,5}$	$\frac{409}{305}$	$\frac{100}{74,6}$	$\frac{125}{101}$	$\frac{100}{80,8}$	$\frac{44}{48}$	$\frac{100}{109,1}$
3	Брусничный	$\frac{620}{451}$	$\frac{100}{72,7}$	$\frac{463}{353}$	$\frac{100}{76,2}$	$\frac{120}{72}$	$\frac{100}{60,0}$	$\frac{37}{26}$	$\frac{100}{70,3}$
4	Черничный	$\frac{726}{606}$	$\frac{100}{83,5}$	$\frac{523}{445}$	$\frac{100}{85,1}$	$\frac{168}{132}$	$\frac{100}{78,6}$	$\frac{36}{29}$	$\frac{100}{80,6}$
5	Долгомощный	$\frac{534}{401}$	$\frac{100}{75,1}$	$\frac{427}{316}$	$\frac{100}{74,0}$	$\frac{72}{63}$	$\frac{100}{87,5}$	$\frac{37}{25}$	$\frac{100}{67,6}$
6	Сфагновый	$\frac{529}{462}$	$\frac{100}{88,5}$	$\frac{342}{293}$	$\frac{100}{85,7}$	$\frac{126}{15}$	$\frac{100}{91,3}$	$\frac{61}{54}$	$\frac{100}{90,0}$

Примечание. Над чертой – для контрольных насаждений; под чертой – для поврежденных. Количество микроорганизмов приводится в тысячах штук на 1 г абсолютно сухой почвы.

вреждения огнем разной интенсивности. В частности, количество микроорганизмов в верхнем почвенном горизонте (до глубины 5 см) снижалось пропорционально интенсивности прошедшего через него огня. Так, их содержание в указанном горизонте, испытавшем воздействие слабого огня, снизилось на 20% по сравнению с контролем. В секциях, пройденных огнем средней и сильной интенсивности, это снижение было еще резче и составило соответственно 36 и 49% по сравнению с контролем. В секциях с сильным повреждением уничтожение микрофлоры было настолько значительным, что количество ее во втором от поверхности горизонте (на глубине 5–10 см) оказалось выше, чем в верхнем (указанная закономерность справедлива и для всех других исследованных групп микроорганизмов). Однако следует отметить, что не наблюдалось влияния огня на микрофлору более глубоко расположенных горизонтов. Это связано с малой теплопроводностью почвы и, следовательно, с небольшим повышением температур на такой глубине, что в некоторых случаях даже может служить стимулятором.

Повторный учет микроорганизмов в почве исследованных секций, проведенный через год после первого [24], показал общее снижение количества микроорганизмов во всех горизонтах почвы во всех секциях. Это объясняется, по всей вероятности, сезонными изменениями количества микроорганизмов в



Рис. 4. Последствия лесного пожара (источник фото: <https://belta.by>)

почве. Однако в основном повторный учет подтвердил все закономерности, отмеченные за год до него [24].

Резюмируя вышесказанное, отметим, что активность микробиологического комплекса почвы неразрывно связана с ее плодородием, с условиями роста и развития растений. Чем выше активность микроорганизмов в почве, тем быстрее происходит восстановление леса после вырубki или пожара. Это связано с тем, что микроорганизмы включены в процесс разложения мертвой древесины и возвращения питательных веществ в почву, способствуя поддержанию ее плодородия для роста новых древесных насаждений.

Особенности технофитоценоза

Фитоценозы лесохозяйственных ЭГС весьма разнообразны. Представлены они различными лесными растительными сообществами, в пределах которых производится заготовка древесины, живицы, ягод, грибов, лекарственных растений – и их надо рассматривать как технофитоценозы.

Это преимущественно коренные насаждения, представляющие типичные формации зоны смешанных лесов (широколиственно-еловые и еловые на севере Белоруссии, грабово-елово-дубовые в ее центральной части, широколиственно-сосновые и широколиственные на юге), измененные в той или иной сте-

пени в местах техногенных воздействий [25]. Кроме них повсеместно распространены сосновые (доминирующие в Беларуси и занимающие более 50% лесопокрытой площади), коренные и производные мелколиственные (свыше 30%), широколиственные (более 3%) леса [26].

В пределах лесохозяйственных ЭГС особую проблему представляют лесные пожары (рис. 4). Многие из них приурочены к территориям болот и торфяникам, и их причиной часто является человеческий фактор. В течение года в Беларуси возникает до 6 тыс. лесных пожаров. Особенно опасны они в чернобыльской зоне, поскольку способствуют разносу радионуклидов, концентрирующихся в почве, то есть в верхнем, выгорающем, слое. Для Беларуси опасными в этом отношении являются Брагинский район Гомельской области, Ольманские болота в Полесье и окрестности болота Ельня в Поозерье, где сильные пожары отмечались в 2023 и 2024 годах.

Сосновые леса встречаются практически во всех ландшафтах. Особенно характерны они для вторичных водно-ледниковых, аллювиальных террасированных, водно-ледниковых с озерами, камово-моренно-эрозионных, холмисто-моренно-эрозионных ландшафтов. Произрастают сосновые леса на бедных песчано-супесчаных почвах в пределах возвышенностей, равнин и низин. Это связано с тем, что сосне подходит широкий диапазон экологических условий, что позволяет ей заселять как сухие плакорные участки, так и сильно обводненные понижения рельефа.

Древостои этих лесов обычно состоят из сосны обыкновенной с примесью березы повислой, осины, ели (рис. 5). Средний запас спелого и перестойного древостоя превышает 300 м³/га, продуктивность насаждений высока, средний бонитет составляет 1,5 [27]. В пределах формации выделяются монодоминантные сосняки (боры), елово-сосновые и дубово-сосновые (субори) леса.

Боры, которые образуют большие массивы в северной и иногда в центральной части страны, отличаются наличием редкого подлеска из можжевельника, рябины и крушины ломкой. Субори произрастают на более богатых и увлажненных супесчаных и песчаных почвах, подстилаемых моренной. В таком лесу доминирует сосна, а ель и дуб составляют постоянную примесь в первом ярусе или образуют второй ярус. Субори с примесью ели распространены в северной и



Рис. 5. Сосняк зеленомошный в Новогрудском районе Гродненской области [26]



Рис. 6. Еловый лес в Минской области (автор фото: А.Н. Галкин)

центральной частях страны, с дубом и лещиной – в Предполесье и Полесье. Они характеризуются развитым богатым подлеском, в котором обычны лещина, волчье лыко, бересклет бородавчатый.

Субори весьма продуктивны: в возрасте 80–100 лет с каждого гектара можно получить 250–300 м³ древесины. В хорошие годы на гектаре субори черничной собирают до 200–400 кг черники. Дубово-сосновые леса еще более плодородны и в зрелом возрасте могут содержать до 450–550 м³ древесины на гектар [6]. В целом сосновые леса имеют большое хозяйственное значение, так как дают качественную древесину и являются местами обитания диких животных и птиц.

Еловые леса получили распространение в северной и центральной частях республики (рис. 6). Ельники в основном (более 70%) произрастают в подзоне дубово-темнохвойных лесов, где они

тяготеют к озерно-ледниковым, моренно-озерным, холмисто-моренно-озерным ландшафтам. Остальные (27%) расположены в подзоне грабово-дубово-темнохвойных лесов, в пределах холмисто-моренно-эрозионных, вторично моренных и лессовых ландшафтов. Насаждения из ели европейской предпочитают супесчано-суглинистые почвы, сформировавшиеся на моренных или лессовых отложениях. В северных районах страны преобладают чистые ельники, а на более плодородных почвах можно встретить дубово-еловые леса с дубом и развитым подлеском из лещины. В увлажненных местах, рядом с болотами, растут широколиственно-черноольхово-еловые леса. В Полесье ельники часто встречаются в виде островных насаждений с двух-трехъярусными древостоями, в которых к ели примешиваются дуб, граб, ясень, ольха черная.



Рис. 7. Березовый лес в Белоруссии [29]

Еловые леса характеризуются высокой продуктивностью, средним бонитетом 1,3 и запасом спелой и перестойной древесины в размере 350 м³/га [27]. Их способность выдерживать тень способствует формированию густых насаждений с плотным кронным покровом, что ограничивает проникновение солнечного света и ветра. Кроме того, еловые леса имеют большое значение для охраны природы и хозяйственной деятельности. Они являются местами обитания множества животных и птиц, а также дают высококачественную древесину, используемую в целлюлозно-бумажной промышленности, для производства вискозного волокна, кормовых дрожжей и спирта. Кроме того, из еловой живицы получают канифоль и бальзам, а из коры – тонида [6].

В дубовых лесах, также известных как дубравы, преобладает дуб, но с примесью других деревьев, таких как ясень, клен, граб и вяз, которые часто образуют второй ярус. Эти леса занимают 3,3% лесной площади Белоруссии. В их распространении отчетливо просматриваются зональные черты, выражающиеся в примеси зональных древесных пород – ели и граба. Например, в северной части страны, где дубовые леса составляют только 1,6%, они часто представлены еловыми дубравами. В центральной части республики, где их площадь увеличивается до 3,4%, еловые дубравы сменяются елово-грабовыми. На юге Белоруссии дубовые леса часто представлены преимущественно грабовыми дубравами, которые занимают до 8,2% лесной площади.

Дубовые леса обычно произрастают на дерново-подзолистых, дерново-карбонатных и дерново-карбонатных заболоченных супесчано-суглинистых почвах. Продуктивность этих насаждений относительно высока: средний бонитет со-

ставляет 1,9, средний запас спелой и перестойной древесины – 247,6 м³/га [27].

В составе дубовых лесов выделяется восемь типов, среди которых доминирующими выступают дубравы кисличные и черничные. Это сложные двухъярусные фитоценозы с развитым подлеском из лещины, рябины, бересклета бородавчатого и сомкнутым напочвенным покровом. Приурочены они, как правило, к аллювиальным террасированным, вторично-моренным, лессовым, холмисто-моренно-эрозионным, холмисто-моренно-озерным ландшафтам [6].

Мелколиственные леса, состоящие из березы бородавчатой, осины и серой ольхи, являются вторичными лесами, которые возникают на месте вырубленных или сгоревших хвойных, широколиственных или смешанных лесов в результате воздействия человека. Они занимают 17,4% общей площади лесов страны, включая 11,9% березовых лесов, 2,2% осиновых и 2,3% сероольховых [28]. Эти леса широко распространены в северных и северо-восточных районах страны (рис. 7), но могут встречаться и на других территориях в виде небольших участков. Береза бородавчатая имеет самое широкое распространение и может формировать вторичные фитоценозы на различных типах почв и рельефа – от сухих и бедных песчаных почв на водоразделах до более плодородных и влажных почв в низинах.

Важной частью лесных ресурсов являются недревесные ресурсы. К ним относятся пищевые (ягодные, плодовые), лекарственные, технические, кормовые и другие растения и грибы. Из ягодных лесных растений в Белоруссии основными являются клюква, черника, брусника, голубика, а из плодовых – рябина, шиповник. Площади грибных угодий составляют 30–35% от площади древостоев [25].

В настоящее время около 1/5 покрытой лесами площади страны находится под лесокультурами, то есть занята малопродуктивными неполноценными насаждениями. Сокращается площадь лесов, где преобладают такие хозяйственно важные породы, как дуб, граб, ясень и др. В то же время увеличивается площадь малоценных мелколиственных лесов (березняков и осинников). Большая площадь занята молодыми насаждениями.

Особенности технзооценоза

Технзооценозы изучаемых ЭГС представлены как беспозвоночными, так и позвоночными животными, что во многом обусловлено особенностями литотопов, эдафотопов и фитоценозов, рассмотренных выше.

Из всех видов лесохозяйственных ЭГС наибольшим многообразием **беспозвоночных** обладают эксплуатационные лесные массивы. Так, исследования видового разнообразия и численности почвенной мезофауны средневозрастных сосняков и сосновых молодняков Белорусского Полесья, проведенные В.Н. Веремеевым [30], показали, что в обследованных ими лесах найдено 186 видов беспозвоночных, относящихся к шести классам, таким как: олигохеты (*Oligochaeta*), брюхоногие моллюски (*Gastropoda*), паукообразные (*Arachnida*), двупарноногие и губоногие многоножки (*Diplopoda*, *Diplopoda*), насекомые (*Insecta*). Доминируют жесткокрылые (*Coleoptera*), многочисленны пауки (*Aranei*), часто встречаются личинки двукрылых (*Diptera*), обычные дождевые черви (*Lumbricina*) и муравьи (*Formicidae*). Наиболее богата почвенная мезофауна средневозрастных сосняков, где зафиксировано 146 видов беспозвоночных. Однако не меньшее значение имеют дендрофильные хвое- и листогрызущие насекомые, а также стволовые вредители леса. К последним из жуков (*Coleoptera*) относятся короеды, усачи, златки и долгоносики, из перепончатокрылых (*Hymenoptera*) – рогахвосты, из чешуекрылых (*Lepidoptera*) – древоточцы и стеклянницы [31].

Наибольшими количественными и продуктивными характеристиками почвенной мезофауны отличаются сосняки, в которых капиллярная кайма постоянно или периодически находится в зоне обитания почвенной мезофауны (уровень грунтовых вод – не ниже 1,1 м), что свидетельствует о высокой степени устойчивости и саморегуляции этих экосистем. Это преимущественно средневозрастной сосняк черничный и

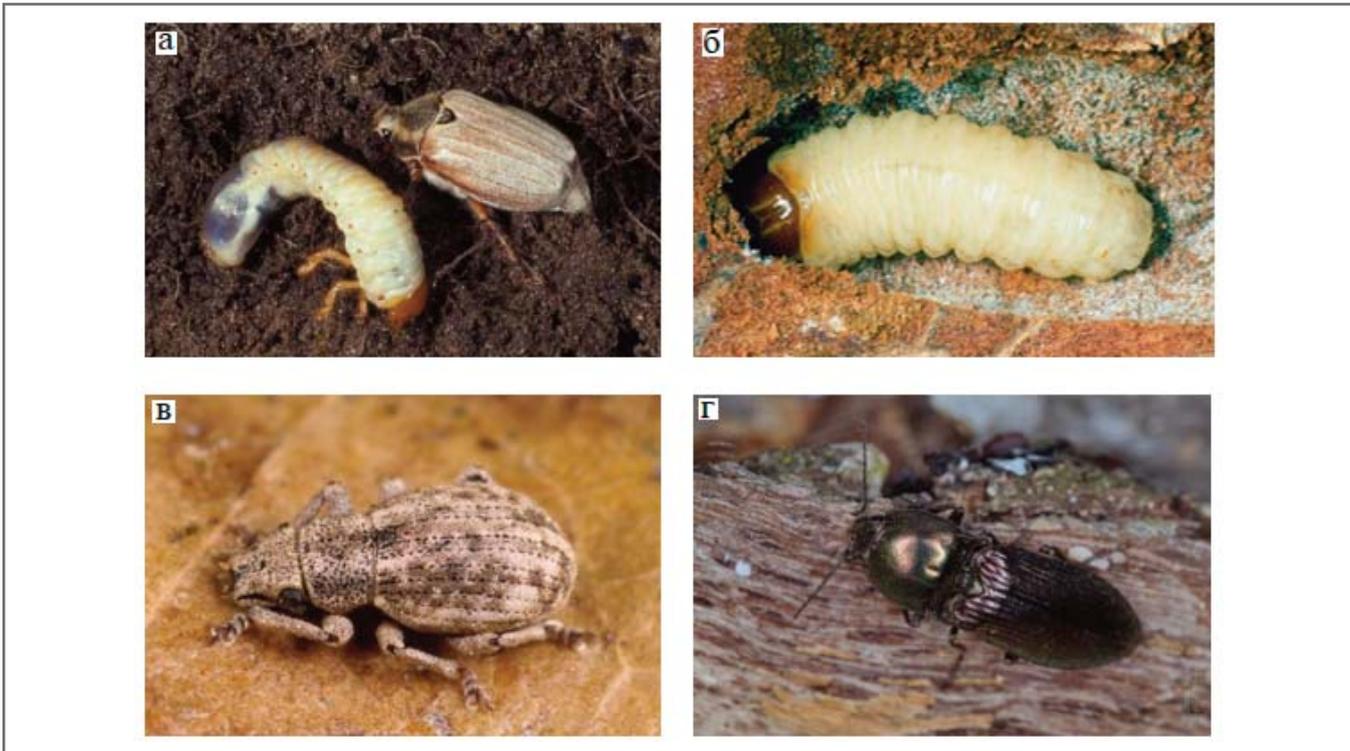


Рис. 8. Почвообитающие беспозвоночные сосновых лесов: а – личинка майского хруща (*Melolontha hippocastan*); б – личинка серого соснового долгоносика (*Hylobius abietis*); в – щетинистый остроглазый слоник (*Strophosomus captatus*); г – блестящий щелкун (*Selatosomus aeneus*) [16]

молодняк мшистый. Количество видов почвенной мезофауны в них колеблется в пределах 66–84, численность – от $41,3 \pm 1,4$ до $76,4 \pm 1,6$ экз./м², биомасса – от $1,72 \pm 0,055$ до $9,11 \pm 0,557$ г/м², энергетический эквивалент биомассы – от $2,89 \pm 0,081$ до $10,45 \pm 0,613$ ккал/м². В комплексах почвенной мезофауны этих сосняков мало фитофагов (5,9%), практически отсутствуют опасные вредители лесного хозяйства. Лишь в сосняках, где капиллярная кайма крайне редко находится в зоне обитания почвенных беспозвоночных, фитофаги составляют более трети мезофауны. Среди них встречаются такие виды вредителей, как личинки восточного майского хруща (*Melolontha hippocastan*) и серого соснового долгоносика (*Hylobius abietis*) (рис. 8, а, б).

В сосняках, испытывающих периодическое сильное подтопление (в молодняке долгомошном), когда почвенно-грунтовые воды достигают дневной поверхности, количественные и продукционные характеристики почвенной мезофауны меньше (видовое разнообразие – 49 видов, численность – $40,2 \pm 2,3$ экз./м², биомасса – $0,97 \pm 0,055$ г/м², энергетический эквивалент биомассы – $1,20 \pm 0,064$ ккал/м²).

В сосняках, где грунтовые воды залегают глубже 1,1 м (в средневозрастных сосняках мшисто-лишайниковом, мши-

стом, в молодняке овсяницево-лишайниковом) и капиллярная кайма не достигает зоны обитания почвенной мезофауны, количественные и продуктивные характеристики почвенной мезофауны значительно меньше. Количество видов колеблется от 47 до 72, численность – от $27,2 \pm 1,0$ до $52,2 \pm 1,3$ экз./м², биомасса – от $1,08 \pm 0,047$ до $8,34 \pm 0,373$ г/м², энергетический эквивалент биомассы – от $1,86 \pm 0,073$ до $9,49 \pm 0,413$ ккал/м². Многочисленны здесь фитофаги (20,7–94,8%). Среди них преобладают вредители лесного хозяйства – восточный майский хрущ (*Melolontha hippocastan*), серый сосновый долгоносик (*Hylobius abietis*), щетинистый остроглазый слоник (*Strophosomus captatus*), блестящий щелкун (*Selatosomus aeneus*) (рис. 8, в, г).

В сосняках, подвергающихся периодическому весенне-летнему затоплению (в средневозрастном сосняке сфагновоосоковом и вымочке молодняка), наблюдается деградация почвенной мезофауны. Здесь количество видов составляет от 17 до 46, численность – от $11,1 \pm 1,1$ до $31,5 \pm 1,5$ экз./м², биомасса – от $0,36 \pm 0,031$ до $0,78 \pm 0,039$ г/м², энергетический эквивалент – от $0,51 \pm 0,040$ до $1,29 \pm 0,062$ ккал/м². Основная часть мезофауны представлена поверхностно-обитающими и подстилочными формами – в основном зоофагами (пауками, жуками).

59,6–76,8% численности мезофауны. Фитофаги встречаются редко (1,8–5,7%) [30].

Несколько своеобразна фауна беспозвоночных еловых лесов Белоруссии. Н.В. Гурина [32] исследовала структуру сообществ почвенной мезофауны в ельниках трех типов (кисличном, мшистом, орляковом), расположенных в центральной части республики и по спелости леса относящихся к III возрасту. Она установила, что по числу выявленных видов почвенных беспозвоночных изученные ельники почти не различались: в самом сухом из них (кисличном) было отмечено 140 видов, а в более влажных (орляковом и мшистом) – 130 и 126 видов соответственно. Соотношения количеств видов исследованных групп беспозвоночных (дождевых червей, мокриц, двупарноногих многоножек, губоногих многоножек, пауков, сенокосцев, жуков) были устойчивыми и не зависели от типа ельника. Наибольшее число видов было отмечено в трех группах беспозвоночных, причем почти половина выявленных видов принадлежала паукам (*Aranei*), а четверть – жукам (*Carabidae*). Однако при сохранявшемся соотношении числа видов беспозвоночных изученных групп их видовой состав различался и менялся в зависимости от экологических характеристик ельни-

ков. В первую очередь это касалось доминантных видов основных групп – пауков, жукелиц и двупарноногих многоножек. В ельниках всех типов в комплексе доминантных было отмечено 9 общих видов, из которых – 2 вида пауков, 3 вида жукелиц и 4 вида двупарноногих многоножек. В ельниках двух групп (кисличном-орляковом, орляковом-мшистом) было выявлено 6 общих видов – 3 вида пауков, 1 вид жукелиц и 2 вида двупарноногих многоножек. Во влажных ельниках орляковом и мшистом были отмечены гигрофильные виды пауков (*Pachygnatha listeri*, *Ozyptila praticola*) и жукелиц (*Cyathrus caraboides*).

Н.В. Гурина [32] также проанализировала состав доминантов, встречающихся в ельниках одного типа. В ельнике орляковом она выявила один вид жукелиц (*Carabus nemoralis*) и два гигрофильных вида пауков (*Helophora insignis*, *Pirata hygrophilu*). В ельнике были отмечены такие виды пауков, как *Cryphoeca silvicola* и *Diaea dorsata*, обитающие в подстилке, под камнями, а также жукелицы вида *Amara brunnea*, которые довольно многочисленны в сухих и светлых лесах. Из доминантных видов двупарноногих многоножек в одном из ельников (мшистом) обнаружился только вид *Rossiulus vilnensis*. Было выявлено изменение структуры основных исследованных групп беспозвоночных по мере увеличения влажности почвы в ряду ельников: кисличном, мшистом, орляковом. Наибольшее число доминантных видов обнаружилось в самом влажном из ельников – орляковом (главным образом за счет пауков, которых было 7 видов, четыре из которых являются гигрофильными).

В отличие от жуков, двукрылых и других вредителей лесных пород, для которых не характерны массовые вспышки численности, многие чешуекрылые (*Lepidoptera*), напротив, отличаются наличием таких вспышек. К ним относятся хвоегрызущие вредители, такие как сосновый шелкопряд (*Dendrolimus pini*), монашенка (*Lymantria monacha*), а также листогрызущие вредители, такие как непарный шелкопряд (*Lymantria dispar*), кольчатый шелкопряд (*Malacosoma neustria*), зеленая дубовая листовертка (*Tortrix viridana*), зимняя пяденица (*Operophtera brumata*) и др.

Численность и видовой состав почвенной мезофауны лесов, подвергшихся вырубкам и пожарам, специфичны. Исследования влияния группы антропо-

генных факторов на динамику почвенной мезофауны сосняков европейской подзоны широколиственных лесов, проведенные К.В. Дороховым [33], показали, что довольно велики воздействия пожаров на изменения численности, видового состава и структуры мезофауны. Последнее заключается в перераспределении ролей отдельных систематических групп беспозвоночных. В частности, автором исследования [33] было установлено, что после устойчивых низовых пожаров средней интенсивности 3–4-летней давности на первый план наряду с личинками щелкунов выходят представители хищных губоногих многоножек при некотором уменьшении доли пауков, нишу которых занимают муравьи. В комплексе напочвенных беспозвоночных спустя 2–5 лет после устойчивых низовых пожаров высокой интенсивности доминантами становятся типичные поверхностно-обитающие подвижные хищники – пауки (18,8% от общей плотности почвенной мезофауны) и муравьи (18,5%). Аналогичное место в численной иерархии сообщества занимают губоногие многоножки. Щелкуны становятся субдоминантами (12,3%). К.В. Дороховым [33] было также зафиксировано влияние устойчивых низовых пожаров на встречаемость групп почвенной мезофауны. После пожаров встречаемость пауков и губоногих многоножек снижается, но остается наибольшей среди систематических групп. При анализе встречаемости в послепожарных сообществах хорошо прослеживается роль интенсивности устойчивого низового пожара. Для встречаемости 12 из 15 групп исследованной мезофауны характерна определенная зависимость. Встречаемость их после пожаров средней интенсивности на 1,7–31,6% выше, чем после пожаров высокой интенсивности. Муравьи – единственная группа мезофауны, встречаемость которой после пожаров разной интенсивности больше, чем на территориях, не подвергавшихся влиянию огня.

Среди почвенных фаз развития насекомых наибольшее значение и максимальная встречаемость характерны для представителей семейств щелкунов, долгоносиков, хрущей и отряда двукрылых. Основными представителями надкласса многоножек являются почвенные губоногие и двупарноногие многоножки [33].

Богат и разнообразен мир **позвоночных животных** лесохозяйствен-

ных ЭГС. Связано это с наличием в лесах больших количеств корма и укрытий. Обычными обитателями лесов являются лось, косуля, заяц, белка, кабан, лисица, волк, ласка, лесная куница. Животный мир этого фаунистического комплекса зависит от типа леса. В борах с неразвитым подлеском он более однообразный. Там встречаются лиса, белка, заяц-беляк, косуля, лось, барсук. Из птиц селятся дятлы, сойки, глухари, тетерева. Значительно разнообразнее животный мир ельников, который более богат кормами и характеризуется лучшими укрытиями и микроклиматом. Там обитают лесная куница, кабан, лось, волк. Много в ельниках птиц, таких как клест, рябчик, синица, сойка, дятел и др. [34].

Еще более разнообразен животный мир смешанных лесов. В них много укрытий и разнообразнее питание. Типичными представителями этих лесов являются кабан, косуля, благородный олень, лось, лесная куница, еж, соня лесная. Среди птиц, которых насчитывается более 180 видов, широко распространены пеночки, кукушка, соловей, щегол, тетерев, черный дрозд, совы, ястреб, коршун, орлан-белохвост.

В глухих лесах севера страны встречается бурый медведь, в елово-широколиственных лесах нашли пристанище енот-полоскун и енотовидная собака. Широко представлены также земноводные и пресмыкающиеся. Из амфибий часто встречается травяная (*Rana temporaria*) и остромордая (*Rana arvalis*) лягушки, среди рептилий – ящерицы (*Lacerta agilis*, *Lacerta vivipara*) и змеи (*Coronella austriaca*, *Natrix natrix*, *Vipera berus* и др.) [34].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ►

Таким образом, природно-технические лесохозяйственные эколого-геологические системы Белоруссии представляют собой весьма сложные специфические образования, обладающие характерными особенностями состава и свойств. Это обстоятельство необходимо учитывать при анализе экосистем, формирующихся в условиях неоднородности состава и свойств техногенной составляющей, а также при их систематизации и эколого-геологических изысканиях.

Выявленные закономерности и особенности лесохозяйственных ЭГС Белоруссии можно рассматривать как общие для аналогичных ЭГС России, которые необходимо учитывать при инженерно-экологических изысканиях и исследованиях. **И**

Список литературы ▶

1. Галкин А.Н., Королев В.А. Классификация эколого-геологических систем Беларуси на основе учета особенностей литотопов и инженерно-хозяйственных объектов // *Літасфера*. 2023. № 1 (58). С. 98–109.
2. Королев В.А., Галкин А.Н. К разработке систематики эколого-геологических систем Белоруссии // *Инженерная геология*. 2023. Т. XVIII. № 2. С. 12–28. DOI: <https://doi.org/10.25296/1993-5056-2023-18-2-12-28>.
3. Королев В.А., Галкин А.Н. Особенности природных эколого-геологических систем массивов глинистых грунтов Белоруссии // *Геоинфо*. 2023. Т. 5. № 9/10. С. 12–21. DOI: [10.58339/2949-0677-2023-5-9/10-12-21](https://doi.org/10.58339/2949-0677-2023-5-9/10-12-21).
4. Королев В.А., Галкин А.Н. Особенности эколого-геологических систем массивов лессовых грунтов Белоруссии // *ГеоИнфо*. 2024. Т. 6, № 1/2. С. 48–62. DOI: [10.58339/2949-0677-2024-6-1/2-48-62](https://doi.org/10.58339/2949-0677-2024-6-1/2-48-62).
5. Королев В.А., Галкин А.Н. Природные эколого-геологические системы массивов песчаных грунтов Белоруссии // *Инженерная геология*. 2023. Т. XVIII. № 4. С. 38–49. DOI: <https://doi.org/10.25296/1993-5056-2023-18-4-38-49>.
6. Марцинкевич Г.И. *Ландшафтоведение: пособие*. Минск: БГУ, 2005. 200 с.
7. Галкин А.Н., Королев В.А. Особенности функционирования литотехнических систем территории Белоруссии // *Инженерная геология*. 2014. № 4. С. 28–44.
8. Задействованы более 200 человек и техника. Как ведется разработка буреломов в Минской области [электронный ресурс] // Официальный сайт Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь. 2024. Дата последнего обращения: 27.11.2024. URL: <https://mlh.by/news/12795/>.
9. Зиновьева И.С. Современные пути устойчивого развития лесного сектора в России // *Современные направления теоретических и прикладных исследований – 2008: сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции*. Т. 10. Экономика. Одесса: Черноморье, 2008. С. 73–75.
10. Новиков Ю.В. *Экология, окружающая среда и человек: учеб. пособие (3-е изд., испр. и доп.)*. М.: ФАИР-ПРЕСС, 2005. 736 с.
11. Дмитриева В.А., Нефедова Е.Г. Гидроэкологическая роль лесных насаждений в формировании режима водных ресурсов // *Лесотехнический журнал*. 2015. № 3. С. 22–33.
12. Лес и влага: почвенная влага [электронный ресурс] // Сайт Woodtechnology.ru. 2011. Дата последнего обращения: 25.11.2024. URL: <http://www.woodtechnology.ru/drevesinovedenie/lesovedenie/les-i-vlaga-pochvennaya-vlaga.html>.
13. Воронков Н.А. Роль лесов в охране вод. Ленинград: Гидрометеониздат, 1988. 285 с.
14. Лабоха К.В. *Лесоведение: учеб. пособие*. Минск: БГТУ, 2018. 264 с.
15. Рахманов В.В. *Гидроклиматическая роль лесов*. М.: Лесная промышленность, 1984. 240 с.
16. Насекомые (Insecta) мира [электронный ресурс] // Сайт Insecta.pro. Дата последнего обращения: 05.12.2024. URL: <https://insecta.pro/ru>.
17. Куликов Я.К. *Почвенные ресурсы: учебное пособие*. Минск: Вышэйшая школа, 2012. 408 с.
18. Соколовский И.В., Юренин А.В. *Атлас морфологических признаков лесных почв Беларуси: справочное издание*. Минск: Редакция журнала «Лесное и охотничье хозяйство», 2013. 136 с.
19. Клебанович Н.В. *Почвы Беларуси и их плодородие*. Минск: БГУ, 2017. 175 с.
20. Острикова М.Я., Баландина И.М. Сравнительный анализ почвенной микрофлоры сосновых и сосново-березовых культур // *Труды БГТУ. Лесное хозяйство*, 2006. № 1. С. 260–262.
21. *Методы изучения почвенных микроорганизмов и их метаболитов / под ред. Н.А. Красильникова*. М.: Изд-во МГУ, 1966. 216 с.
22. Мишустин Е.Н. *Микроорганизмы и продуктивность земледелия*. М.: Наука, 1972. 344 с.
23. Гуняженко И.В. Изменение микрофлоры и активности ферментов после пожара в почве сосновых насаждений разных типов леса // *Лесоведение и лесное хозяйство*. 1972. Вып. 6. С. 134–137.
24. Гуняженко И.В. Изменение микрофлоры лесных почв в результате действия огня разной интенсивности // *Лесоведение и лесное хозяйство*. 1970. Вып. 3. С. 51–55.
25. Маврищев В.В. *Основы экологии: учебник (3-е изд., испр. и доп.)*. Минск: Вышэйшая школа, 2007. 447 с.
26. Бакей С.К. Орковичи (географическая точка: ландшафты и сообщества) // *Плантариум. Растения и лишайники России и сопредельных стран: открытый онлайн атлас и определитель растений*. (электронный ресурс). 2023. Дата последнего обращения: 04.12.2024. URL: <https://www.plantarium.ru/page/landscapes/point/12059.html>.
27. Государственный лесной кадастр Республики Беларусь по состоянию на 01.01.2023. Минск: Белгослес, 2023. 87 с.
28. Лясы. М 1:2000000 / У.С. Адзярыха, І.В. Берняковіч, Г.В. Ермоленкава (і інш.) // *Нацыянальны атлас Беларусі (галоўная рэдкал.: М.У. Мясніковіч (і інш.))*. Мінск: Камітэт па зямельных рэсурсах, геадэзіі і картаграфіі пры Сав. Мін. Рэсп. Беларусь, 2002. С. 116.
29. Fast-growing forests for woodworking (electronic resource) // Website “Sustainable Development Goals in Belarus”. 2024. The last accessed date: 04.12.2024. URL: <https://sdgs.by/en/best-practices/fast-growing-forests-for-woodworking/>.
30. Веремеев В.Н. Почвенная мезофауна сосняков Белорусского Полесья, ее трансформация при изменении уровня почвенно-грунтовых вод: дисс. ... канд. биол. наук. Гомель, 1984. 222 с.
31. Петров Д.Л. Таксономическая структура фауны дендрофильных тератформирующих членистоногих Беларуси // *Зоологические чтения 2012: материалы Респ. научно-практ. конф.*, Гродно, 2–4 марта 2012 г. (отв. ред.: О.В. Янчуревич и др.). Гродно: ГрГМУ, 2012. С. 124–126.
32. Гурина Н.В. Структура сообществ почвенных беспозвоночных в еловых лесах разного типа центральной части Беларуси // *Вермикомпостирование и вермикультивирование как основа экологического земледелия в XXI веке: достижения, проблемы, перспективы»: сб. научн. тр. (под ред. С.Л. Максимова и др.)*. Минск, 2013. С. 53–57.
33. Дорохов К.В. Влияние группы антропогенных факторов на динамику почвенной мезофауны сосняков европейской подзоны широколиственных лесов: автореф. дис. ... канд. сельскохозяйств. наук. Брянск: Брян. гос. инженер.-технол. акад., 2015. 20 с.
34. Гричик В.В., Бурко Л.Д. *Животный мир Беларуси. Позвоночные*. Минск: Изд. центр БГУ, 2013.



References ▶

- Galkin A.N., Korolev V.A. Klassifikatsiya ehkologo-geologicheskikh sistem Belarusi na osnove ucheta osobennosti litotopov i inzhenerno-khozyaistvennykh ob"ektov [Classification of ecological-geological systems of Belarus on the basis of the characteristics of lithotopes and engineering-economic facilities] // *Litasfera*. 2023. № 1 (58). S. 98–109.
- Korolev V.A., Galkin A.N. K razrabotke sistematiki ehkologo-geologicheskikh sistem Belorussii [On the development of systematics of ecological-geological systems of Belarus] // *Inzhenernaya geologiya*. 2023. T. KHVIII. № 2. S. 12–28. DOI: <https://doi.org/10.25296/1993-5056-2023-18-2-12-28>.
- Korolev V.A., Galkin A.N. Osobennosti prirodnykh ehkologo-geologicheskikh sistem massivov glinistykh gruntov Belorussii [Features of natural ecological-geological systems of clay ground masses in Belarus] // *Geoinfo*. 2023. T. 5. № 9/10. S. 12–21. DOI:10.58339/2949-0677-2023-5-9/10-12-21.
- Korolev V.A., Galkin A.N. Osobennosti ehkologo-geologicheskikh sistem massivov lessovykh gruntov Belorussii [Features of ecological-geological systems of loess ground masses in Belarus] // *GeOInfo*. 2024. T. 6, № 1/2. S. 48–62. DOI:10.58339/2949-0677-2024-6-1/2-48-62.
- Korolev V.A., Galkin A.N. Prirodnye ehkologo-geologicheskie sistemy massivov peschanykh gruntov Belorussii [Natural ecological-geological systems of sand ground masses of Belarus] // *Inzhenernaya geologiya*. 2023. T. XVIII. № 4. S. 38–49. DOI: <https://doi.org/10.25296/1993-5056-2023-18-4-38-49>.
- Martsinkevich G.I. *Landshaftovedenie: posobie* [Landscape Science: manual]. Minsk: BGU, 2005. 200 s.
- Galkin A.N., Korolev V.A. Osobennosti funktsionirovaniya litotekhnicheskikh sistem territorii Belorussii [Features of the functioning of lithotechnical systems in the territory of Belarus] // *Inzhenernaya geologiya*. 2014. № 4. S. 28–44.
- Zadeistvovany bolee 200 chelovek i tekhnika. Kak vedetsya razrabotka burelomov v Minskoj oblasti (ehlektronnyi resurs) [More than 200 people and equipment are involved. How windfalls are developed in the Minsk region (electronic resource)] // *Ofitsial'nyi sait Ministerstva lesnogo khozyaistva Respubliki Belarus'*. 2024. Data poslednego obrashcheniya: 27.11.2024. URL: <https://mlh.by/news/12795/>.
- Zinov'eva I.S. Sovremennye puti ustoichivogo razvitiya lesnogo sektora V Rossii [Modern ways of sustainable development of the forestry sector in Russia] // *Sovremennye napravleniya teoreticheskikh i prikladnykh issledovaniy – 2008: sbornik nauchnykh trudov po materialam mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. T. 10. Ehkonomika. Odessa: Chernomor'e, 2008. S. 73–75.
- Novikov Yu.V. *Ehkologiya, okruzhayushchaya sreda i chelovek: ucheb. posobie (3-e izd., ispr. i dop.)* [Ecology, environment and man: a textbook (3rd edition, revised and supplemented)]. M.: FAIR-PRESS, 2005. 736 s.
- Dmitrieva V.A., Nefedova E.G. Gidroehkologicheskaya rol' lesnykh nasazhdenii v formirovanii rezhima vodnykh resursov [The hydroecological role of forests in the formation of water resources regimes] // *Lesotekhnicheskii zhurnal*. 2015. № 3. S. 22–33.
- Les i vlaga: pochvennaya vlaga (ehlektronnyi resurs) [Forest and moisture: soil moisture (electronic resource)] // *Sait Woodtechnology.ru*. 2011. Data poslednego obrashcheniya: 25.11.2024. URL: <http://www.woodtechnology.ru/drevesinovedenie/lesovedenie/les-i-vlaga-pochvennaya-vlaga.html>.
- Voronkov N.A. *Rol' lesov v okhrane vod* [The role of forests in water protection]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1988. 285 s.
- Labokha K.V. *Lesovedenie: ucheb. posobie* [Forestry: a study guide]. Minsk: BGTU, 2018. 264 s.
- Rakhmanov V.V. *Gidroklimaticheskaya rol' lesov* [The hydroclimatic role of forests]. M.: Lesnaya promyshlennost', 1984. 240 s.
- Nasekomye (Insecta) mira (ehlektronnyi resurs) Insects (Insecta) of the world (electronic resource) // *Sait Insecta.pro*. Data poslednego obrashcheniya: 05.12.2024. URL: <https://insecta.pro/ru>.
- Kulikov YA.K. *Pochvennye resursy: uchebnoe posobie* [Soil Resources: a study guide]. Minsk: Vyshehishaya shkola, 2012. 408 s.
- Sokolovskii I.V., Yurenaya A.V. *Atlas morfologicheskikh priznakov lesnykh pochv Belarusi: spravochnoe izdanie* [Atlas of morphological features of forest soils of Belarus: a reference edition.]. Minsk: Redaktsiya zhurnala «Lesnoe i okhotnich'e khozyaistvo», 2013. 136 s.
- Klebanovich N.V. *Pochvy Belarusi i ikh plodorodie* [The topsoils of Belarus and their fertility]. Minsk: BGU, 2017. 175 s.
- Ostrikova M.YA., Balandina I.M. Sravnitel'nyi analiz pochvennoi mikroflory sosnovykh i sosnovo-berezovykh kul'tur [Comparative analysis of soil microflora of pine and pine-birch forests] // *Trudy BGTU. Lesnoe khozyaistvo*, 2006. № 1. S. 260–262.
- Metody izucheniya pochvennykh mikroorganizmov i ikh metabolitov [Methods for studying soil microorganisms and their metabolites] / pod red. N.A. Krasil'nikova. M.: Izd-vo MGU, 1966. 216 s.
- Mishustin E.N. *Mikroorganizmy i produktivnost' zemledeliya* [Microorganisms and agricultural productivity]. M.: Nauka, 1972. 344 s.
- Gunyazhenko I.V. *Izmenenie mikroflory i aktivnosti fermentov posle pozhara v pochve sosnovykh nasazhdenii raznykh tipov lesa* [Changes in microflora and enzyme activity after fires in the soils of pine forests of different forest types] // *Lesovedenie i lesnoe khozyaistvo*. 1972. Vyp. 6. S. 134–137.
- Gunyazhenko I.V. *Izmenenie mikroflory lesnykh pochv v rezul'tate deistviya ognya raznoi intensivnosti* [Changes in the microflora of forest soils as a result of fires of varying intensities] // *Lesovedenie i lesnoe khozyaistvo*. 1970. Vyp. 3. S. 51–55.
- Mavrishchev V.V. *Osnovy ehkologii: ucheb. posobie (3-e izd., ispr. i dop.)* [Fundamentals of Ecology: a textbook (3rd edition, revised and supplemented)]. Minsk: Vyshehishaya shkola, 2007. 447 s.

26. Bakei S.K. Orkovichi (geograficheskaya tochka: landshafty i soobshchestva) [Orkovichi (the geographical point: landscapes and communities)] // Plantarium. Rasteniya i lishainiki Rossii i sopredel'nykh stran: otkrytyi onlain atlas i opredelitel' rastenii. (ehlektronnyi resurs). 2023. Data poslednego obrashcheniya: 04.12.2024. URL: <https://www.plantarium.ru/page/landscapes/point/12059.html>.
27. Gosudarstvennyi lesnoi kadastr Respubliki Belarus' po sostoyaniyu na 01.01.2023 [The State Forest Cadastre of the Republic of Belarus as of 01.01.2023]. Minsk: Belgosles, 2023. 87 s.
28. Lyasy. M 1:2000000 [Lyasy. M 1:2000000] / U.S. Adzyarykha, I.V. Bernyakovich, G.V. Ermolenkava (i insh.) // Natsyyanal'ny atlas Belarusi (galoynaya rehdkal.: M.U. Myasnikovich (i insh.)). Minsk: Kamiteht pa zyamel'nykh rehursakh, geadehzi i kartagrafii pry Sav. Min. Rehsp. Belarus', 2002. S. 116.
29. Fast-growing forests for woodworking (electronic resource) // Website "Sustainable Development Goals in Belarus". 2024. The last accessed date: 04.12.2024. URL: <https://sdgs.by/en/best-practices/fast-growing-forests-for-woodworking/>.
30. Veremeev V.N. Pochvennaya mezofauna sosnyakov Belorusskogo Poles'ya, ee transformatsiya pri izmenenii urovnya pochvenno-gruntovykh vod: diss. ... kand. biol. nauk [The soil mesofauna of pine forests of the Belarusian Polesie, its transformation with changes in the groundwater level: dissertation for the degree of PhD (Biology)]. Gomel', 1984. 222 s.
31. Petrov D.L. Taksonomicheskaya struktura fauny dendrofil'nykh teratformiruyushchikh chlenistonogikh Belarusi [The taxonomic structure of the fauna of dendrophilous teratforming arthropods of Belarus] // Zoologicheskie chteniya 2012: materialy Resp. nauchno-prakt. konf, Grodno, 2–4 marta 2012 g. (otv. red.: O.V. Yanchurevich i dr.). Grodno: GRGMU, 2012. S. 124–126.
32. Gurina N.V. Struktura soobshchestv pochvennykh bespozvonochnykh v elovykh lesakh raznogo tipa tsentral'noi chasti Belarusi [The structure of soil invertebrate communities in fir forests of different types in the central part of Belarus] // Vermikompostirovanie i vermikul'tivirovanie kak osnova ehkologicheskogo zemledeliya v XXI veke: dostizheniya, problemy, perspektivy»: sb. nauchn. tr. (pod red. S.L. Maksimova i dr.) [Vermicomposting and vermiculture as the basis for ecological farming in the 21st century: achievements, problems, prospects: a collection of scientific papers (edited by S.L. Maksimov et al.)]. Minsk, 2013. S. 53–57.
33. Dorokhov K.V. Vliyanie gruppy antropogennykh faktorov na dinamiku pochvennoi mezofauny sosnyakov evropeiskoi podzony shirokolistvennykh lesov: avtoref. dis. ... kand. sel'skokhoz. nauk [The influence of a group of anthropogenic factors on the dynamics of soil mesofauna of pine forests of the European subzone of broad-leaved forests: abstract of a dissertation for the degree of PhD (Agriculture)]. Bryansk: Bryan. gos. inzhener.-tekhno. akad., 2015. 20 s.
34. Grichik V.V., Burko L.D. Zhivotnyi mir Belarusi. Pozvonochnye [The Animal World of Belarus. Vertebrates.]. Minsk: Izd. tsentr BGU, 2013.



Телеграм-канал журнала

Независимый электронный журнал
ГеоИнфо

- Новости
- Статьи
- Обсуждения

<https://t.me/geoinfonews>