

ОВРАЖНО-БАЛОЧНЫЕ СИСТЕМЫ КАК УНИКАЛЬНЫЕ МЕСТООБИТАНИЯ РЕДКИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ, ГРИБОВ И МИКСОМИЦЕТОВ

© 2025 г. М. Б. Фардеева[®], К. О. Потапов, Р. Э. Садыков, Н. Р. Шафигуллина

Казанский (Приволжский) федеральный университет, ул. Кремлевская, д. 18, Казань, 420008 Россия

[®]e-mail: orchis@inbox.ru

Поступила в редакцию 25.06.2025 г.

После доработки 15.07.2025 г.

Принята к публикации 23.07.2025 г.

Проведена оценка овражно-балочной системы и буферной зоны астрономической обсерватории им. В.П. Энгельгардта Казанского федерального университета (Республика Татарстан). Было выявлено 94 вида сосудистых растений, 17 видов мхов, 4 вида печеночников, 99 видов базидиальных макроскопических грибов, 73 вида миксомицетов и значительное обилие редких видов. Специфические биотические и абиотические условия местообитаний редких папоротников и мхов существенно отличаются от условий лесов, окружающих овраг. Так влажность воздуха по отрогам оврага выше в 2 раза и варьирует от 62 до 74%, в два раза ниже освещенность, температура ниже на 2–3 °С. Ординация распространения редких видов растений с учетом экологических шкал выявила приуроченность их к фрагментам старовозрастных зональных елово-широколиственных лесов. Индикаторные виды грибов и миксомицетов, отмеченные на валеже и сухостое, четко подтверждают их ассоциированность с *Picea fennica*, *Quercus robur*, *Tilia cordata*, *Betula pendula*.

Ключевые слова: биоразнообразие, состояние охраняемых видов, растения, грибы, слизевики, овражно-балочная система

DOI: 10.31857/S1026347025060083

Утрата и фрагментация местообитаний живых организмов является основной причиной сокращения биоразнообразия в настоящем и будущем. Вследствие этого поиск новых местонахождений редких видов и потенциально ценных участков в качестве особо охраняемых природных территорий становится приоритетным направлением исследований естественных природных комплексов в современных условиях. В средней полосе России, в качестве примера, такими ценными объектами могут выступать отдельные лесные массивы, водно-болотные угодья, оstepненные склоны, озера, малые реки и, в том числе, овражно-балочные системы. Последние представляют результат эрозии под действием естественных факторов, будь то климат, особенности рельефа, естественный сток, тип подстилающей породы и т.д., и антропогенных факторов, связанных с хозяйственной деятельностью человека (Севостьянова и др., 2018). Площади овражно-балочных систем на территории Татарстана весьма значительны, их общая протяженность составляет 666.5 км при средней длине 74 м (Ермолаев и др., 2021), что вызывает особый интерес и требует их изучения.

Овражно-балочным системам посвящены некоторые публикации, в которых рассматриваются их географические, ландшафтные аспекты и проблемы, связанные с ними, особенно в развитии городской инфраструктуры (Затолокина, Лукашева, 2019). Помимо очевидных негативных сторон, будь то деградация почвы, сокращение полезной площади и т.д., овражно-балочные системы могут выполнять роль рефугиумов биологического разнообразия (Сафина, Афонина, 2014; Солововников, Василевич, 2018; Конопля, Шинкарев, 2021; Kotova *et al.*, 2023). В городской же черте овражно-балочные системы выступают в роли экологического каркаса, что необходимо учитывать при ландшафтном планировании (Дроздова и др., 2013). В связи с тем, что значительная часть равнинных участков попадает под сведение лесов, распашку земель и занимается агроэкосистемами, роль “зеленых коридоров” в виде непригодных для нужд территорий могут выполнять овражно-балочные системы, обеспечивая необходимый экологический каркас.

В 2021 г. для расширения площади буферной и охраняемой зоны вокруг астрономической обсерватории им. В.П. Энгельгардта Казанского

федерального университета, были предприняты исследования по выявлению уникальных природных комплексов и редких видов растений, грибов и миксомицетов. В окрестностях астрономической обсерватории, Зеленодольского района Республики Татарстан (РТ) (N°55.837391, E°48.798197, рис.1) была изучена безымянная овражно-балочная система, устье которой выходит непосредственно к поселку Октябрьский, а начало отрогов расположено вдоль территории обсерватории. На южном склоне третьей надпойменной террасы Волги, сквозь которую проходит балка, осуществляется нерегулярная пастбища в дубраве, а окрестные липовые и сосновые леса подвержены рекреации. Цель исследований: выявить биоразнообразие растений, грибов, миксомицетов, проанализировать абиотические и биотические факторы, способствующие сохранению редких видов хвойно-широколиственных сообществ, с выделением диагностических видов для идентификации особенностей уникальных условий местообитаний.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В начале XX века по данным некоторых исследователей (Гордягин, 1921) елово-широколиственные, сосново-еловые и елово-сосновые зеленомошные леса встречались от Порохового завода до Раифской пустыни, сейчас – это Раифский участок Волжско-Камского заповедника. В современных условиях растительность представляет собой мозаику различных сукцессионных стадий хвойно-широколиственных подтаежных лесов, находящиеся в РТ на южной границе ареала (Прохоров, Фардева, 2005), подверженных в засушливые периоды снижению жизненности и численности *Picea fennica* Regel (Kom). Однако в понижениях ландшафта, по логам и овражно-балочным участкам сохраняются фрагменты ельников с липой, с сосной либо бересой, с доминированием бореальных растений – *Oxalis acetosella* L., *Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt, видов рода *Pyrola* spp. с неморальными

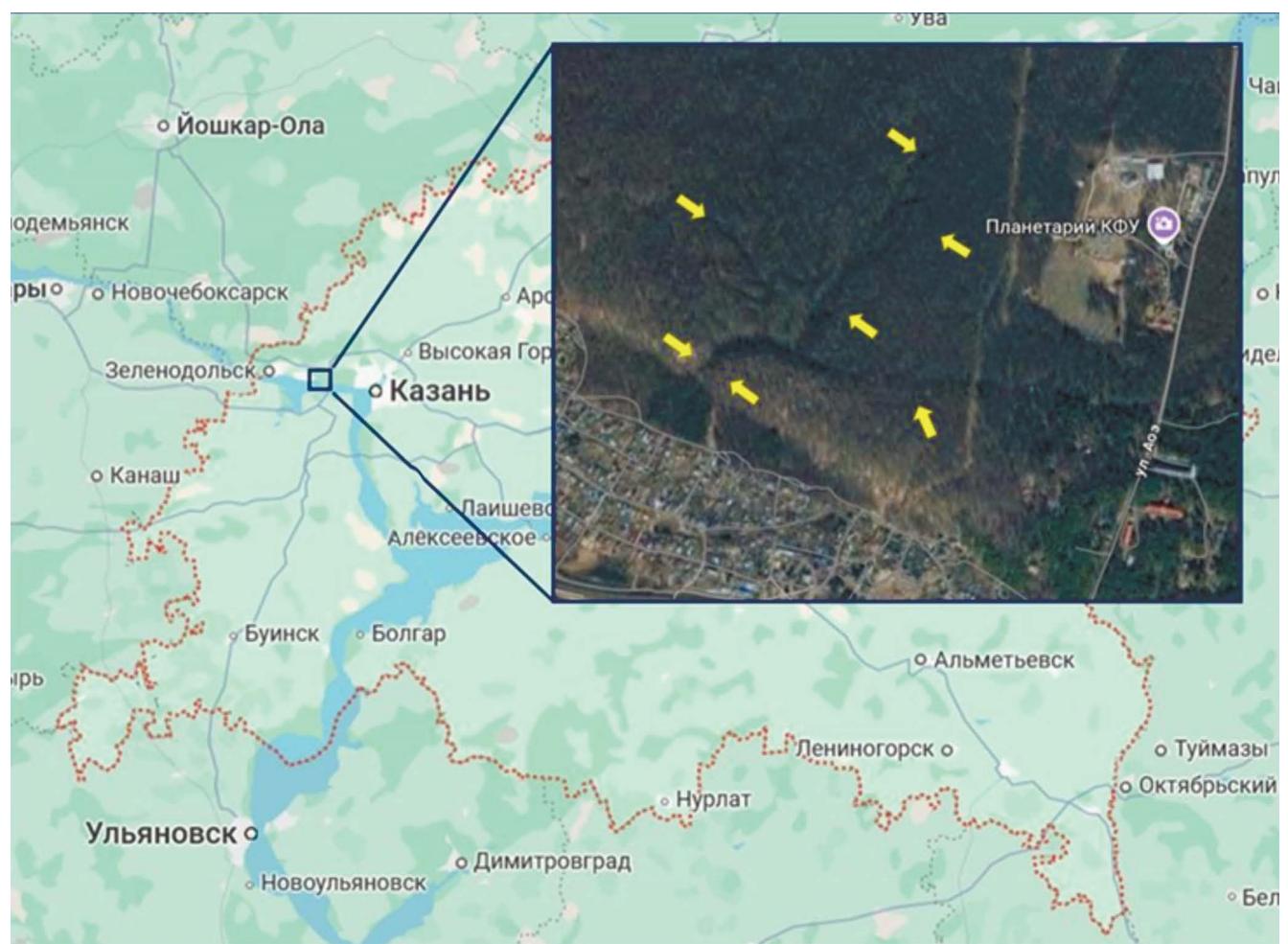


Рис. 1. Картосхема расположения овражно-балочной системы в окрестностях астрономической обсерватории им. В. П. Энгельгардта КФУ.

видами, и продолжает сохраняться бореальный комплекс папоротников, мхов, грибов и миксомицетов.

Геоботанические описания проводились с 2021–2024 гг. в перспективной буферной зоне особо-охраняемой природной территории (ООПТ) – площадь 0.36 км² с выровненной частью террасы (плато) вокруг оврага (10 описаний) и овражно-балочной системы (30 описаний), площадью 0.09 км². Материал заносился в базу данных “Флора” (Prochorov *et al.*, 2017), где названия растений даны по сводке С.К. Черепанова (1995), для каждого вида представлены биоморфологические, экологические, эколого-фитоценотические характеристики, оценки гемеробии и диапазон экологических шкал Д.Н. Цыганова (1983). Проведены оценка общности видовых составов фитоценозов по коэффициенту Серенсена-Чекановского (он варьирует от 0 до 1, чем ближе к 1 – тем больше сходства) и эколого-ценотическим группам. На основе распределения видов растений по эколого-ценотическим характеристикам матрица распространения и обилия растений переносилась в MS Excel, где данные обилия видов по шкале Друде (Drude, 1913) конвертировались в соответствующие факторные кодировки. Для определения абиотических условий использовался анализ видового состава по шкалам Д.Н. Цыганова (1983), каждому виду присваивалось медианное значение диапазона, соответствующего шкалам факторов зональности (с учетом термоклиматической, криоклиматической, омброклиматической шкал и континентальности), освещенности и увлажненности местообитания. Распределение и ординирование проводилось методом кластеризации К-средних через написания скрипта на языке программирования R (Савельев и др., 2022). Оценку освещенности, влажности и температуры местообитаний проводили термогигрометром “ТКА-ПКМ”. Для иллюстрации исследованного природно-ландшафтного комплекса использован космический снимок Google Earth.

Идентификация мохобразных проводилась с использованием оптического оборудования по современным определителям. Номенклатура мхов дана в соответствии со Списком мхов Восточной Европы и Северной Азии (Ignatov *et al.*, 2006) с учетом последних монографических обработок ряда систематических групп, вошедших в опубликованные тома (Флоры мхов России, 2017, 2018, 2020, 2022). Названия печеночников приводятся в соответствии со списком печеночников России (Konstantinova *et al.*, 2009).

Сбор миксомицетов и грибов производился полевым методом по маршруту и на площадках. Для полноты достоверности данных были затронуты периоды: май, июль, сентябрь-октябрь. Части живых и мертвых растительных элементов, потенциально содержащих покоящиеся стадии миксомицетов, отбирались в бумажные конверты для последующей

диагностики скрытого разнообразия в культурах. Культивация миксомицетов проводилась методом влажных камер (Harkonen, Ukkola, 2000). Определение видовой принадлежности образцов проходило с помощью светового микроскопа “Biomed-5” и стереомикроскопа “Micromed MC-2”. Сформирована гербарная коллекция плодовых тел миксомицетов, таксономический анализ которых проводился в R.

Идентификации грибов проводилась с использованием метода световой микроскопии (Levenhuk MED 40B), реактивами и красителями: конго красным, реактивом Мельцера, гидроксидом калия (5%). Номенклатура дана согласно электронно-информационному ресурсу Mycobank.org.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Овражно-балочная система с разветвлением отровов и склонами разной экспозиции покрыты лесами, а по ее дну отмечаются редкие застраивающие лесные тропы и протекает периодически высыхающий ручей. Большая часть исследованных фитоценозов представлены липняками (*Tilia cordata* Mill.) с различными вариациями обилия других деревьев – *P. fennica*, *Quercus robur* L., *Ulmus glabra* Huds., *Ulmus laevis* Pall., *Acer platanoides* L., *Betula pendula* Roth., реже отмечаются *Betula pubescens* Ehrh., *Pinus sylvestris* L. Классификация растительных ассоциаций давалась на основе доминантно-детерминантной классификации. По результатам геоботанических описаний овражно-балочной системы были выделены растительные ассоциации: липняки с дубом (и вязом или кленом) снытьево-струсниковые и снытьево-пролесниковые; ельники с липой снытьево-папоротниковые и осоково-папоротниковые; березняки с липой и единично елью снытьево-осоковые и снытьево-папоротниковые; на плато – длительно-производные липняки снытьево-волосистоосоковые.

Анализ гемеробиальности, позволяющий оценить степень нарушенности ценофлоры в условиях овражно-балочной системы выявил 92% растений, относящихся к олигогемеробам (Sukopp, 1976; 2004; Jalas, 1955) – видам сообществ, близких к естественным, переносящих нерегулярные слабые антропогенные влияния. Напротив, в длительно-производных липняках плато 70% растений являются мезогемеробами – видам полуестественных сообществ, устойчивых к экстенсивным антропогенным воздействиям.

В ельово-широколиственных и березово-липовых с елью сообществах бореально-неморальные и бореальные виды растений составляют 35–45%. При этом доля неморальных видов увеличивается от 55 до 62% в липняках овражно-балочной системы и на плато, а доля бореальных видов снижается до 5–25%.

Также отмечаются лесо-луговые и рудеральные виды растений по 5–10% и гигрофиты, характерные для заболоченных и влажных участков склона и днища оврага (4–8%). Коэффициенты общности видового состава варьируют: елово-широколиственных и лиственных лесов овражно-балочной системы – 0.28–0.46; елово-широколиственных лесов овражно-балочной системы и длительно-производных липняков плато – 0.06–0.24.

На исследуемой территории было выявлено 94 вида растений, относящихся к 75 родам из 46 семейств растений, из них в овражно-балочной системе – 89 видов, относящихся к 74 родам из 45 семейств. Выявили 10 видов, внесенных в Красную книгу РТ (2016): внесены в приложение – *Juniperus communis* L., *Pyrola rotundifolia* L., три растения с категорией редкости 2 (сокращающие численность) – *Circaeal alpina* L., *Cinna latifolia* (Trev.) Griseb., *Diplazium sibiricum* (Turcz. ex G. Kunze) Kurata и пять – с категорией 3 (редкие виды) – *Neottia nidus-avis* (L.) Rich., *Dryopteris assimilis* S. Walker, *Lycopodium annotinum* L., *Polystichum braunii* (Spenn.) Fee, *Phegopteris connectilis* (Michx) Watt (рис. 2).

Согласно анализу распределения растений, в ординации экологических факторов – увлажнения почвы, освещенности и особенно климатических условий, обуславливающих зональность подтаежных хвойно-широколиственных лесов, редкие виды (*C. alpina*, *C. latifolia*, *D. sibiricum*, *D. assimilis*, *Ph. connectilis*) преимущественно приурочены к подножию оврага и склоновым фрагментам влажных и затененных ельников с листвой или березняков с листвой и елью (рис. 3: кластеры 3 и 4). В липняках с дубом и липняках сnyтьево-пролесниковых и сnyтьево-папоротниковых с вязом и единично елью или ее валежом из редких растений отмечены *N. nidus-avis* и *P. braunii* (рис. 3: кластеры 1; 5; 6). Оценки обилия и встречаемости редких сосудистых растений в сообществах представлены на рис. 4, 5, в сравнении с лесными гигрофитами (*Circaeal lutetiana* L., *Carex sylvatica* L., *Gymnoscarpium dryopteris* (L.) Newm.), являющимися индикаторами влажных широколиственных и елово-широколиственных лесов.

Биоразнообразие папоротников и их доминирование является специфическим элементом овражно-балочной экосистемы, где отмечено 10 видов: *Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod., *Athyrium filix-femina* (L.) Roth, *D. sibiricum*, *Cystopteris fragilis* (L.) Bernh., *G. dryopteris*, *D. assimilis*, *Dryopteris carthusiana* (Vill.) H.P. Fuchs, *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott., *P. braunii*, *Ph. connectilis*, среди которых 4 – охраняемые виды. Оценки обилия и встречаемости редких папоротников представлены на рис. 5, при этом типичные для хвойно-широколиственных лесов папоротники доминируют и имеют обилие от сор1 до sp. Жизненные формы папоротников определялись по опубликованным работам (Хохряков, 1979;

Шорина, 1994; Желудова, 2007). В целом динамику численности популяций редких папоротников, показатели их обилия и встречаемости, можно использовать для оценки сохранности уникальных экосистем.

Самым редким для региона и малочисленным видом исследованных сообществ является орлячок сибирский (*D. sibiricum*), сем. Athyriaceae – евразиатский таежный вид, находящийся в РТ на юго-западной границе ареала, встречающийся в шести районах на севере республики (Бакин, 2016). *D. sibiricum* – длинокорневищный безрозеточный многолетник, представленный 5–8 одиночными вайями, формирующими рыхлую куртину одной особи. В овражно-балочной системе подтверждено местонахождение вида, где он обнаружен в 4-х локалитетах: в елово-широколиственных осоково-папоротниковых сообществах вместе с *G. dryopteris* или с *Ph. connectilis* и одно у подножия оврага в липняке сnyтьево-папоротниковом. Численность вида, преимущественно размножающегося вегетативно, в отрогах оврага низкая, но постоянная, около 10–25 куртин.

Многорядник Брауна (*P. braunii*), сем. Dryopteridaceae – голарктический подтаежный вид с дизьюнктивным ареалом, на территории РТ отмечается в пяти местонахождениях на севере РТ в хвойно-широколиственных лесах и одно в широколиственных лесах Предволжья (Бакин, 2016). *P. braunii* короткокорневищный плотнорозеточный многолетник, образующий воронку из 10–15 листьев и каждая розетка листьев – самостоятельная особь. Так в липняках с вязом и кленом осоково- либо сnyтьево-папоротниковых, на площади в 500 м² выявлено 152 особи (Фардеева, Ахмерова, 2024). Единично (un) вид отмечается по склонам в липняке с дубом недалеко от устья оврага, часто и обильно по склонам в липняках, ельниках с листвой и березняках с листвой в дальних отрогах оврага, всего в 12 местонахождениях (рис. 5) с оценкой обилия – sol, sp и редко сор1. Численность вида здесь – около 300 особей, самая большая популяция в РТ, а наличие имматурных и виргинильных особей говорит о полночленности, устойчивости популяции и хорошем размножении.

Щитовник схожий (*D. assimilis* или распространенный *Dryopteris expansa* (C. Presl) Fraser-Jenk. et Jermy), сем. Dryopteridaceae – евразийский таежный вид, на территории РТ выявлено девять местонахождений на севере в зоне хвойно-широколиственных лесов и одно в широколиственных лесах Предволжья (Бакин, 2016). *D. assimilis* – короткокорневищный, радиально-симметричный плотнорозеточный многолетник, образующий розетку из 5–8 крупных листьев, каждая розетка самостоятельная особь. Два местонахождения *D. assimilis* подтверждены для овражно-балочной системы, где он рассеянно встречается в верхней



Рис. 2. Редкие и охраняемые виды папоротников в условиях овражно-балочной системы в окрестностях астрономической обсерватории им. В. П. Энгельгардта Казанского федерального университета, Зеленодольского района Республики Татарстан. (а) – *Dryopteris assimilis*; (б) – *Polystichum braunii*; (в) – *Diplazium sibiricum*; (г) – *Phegopteris connectilis*.

части склонов оврага по разреженным липнякам с елью, численностью 10–20 особей.

Фегоптерис связывающий (*Ph. connectilis*), сем. *Thelypteridaceae* – голарктический лесной вид, отмеченный в РТ преимущественно на севере в се-

местонахождениях зоны хвойно-широколиственных лесов и 4-х биотопах Волжско-Камского заповедника (Бакин, 2016). Длиннокорневищный радиально-симметричный безрозеточный многолетник, формирующий рыхлые куртины по 10–15 листьев,

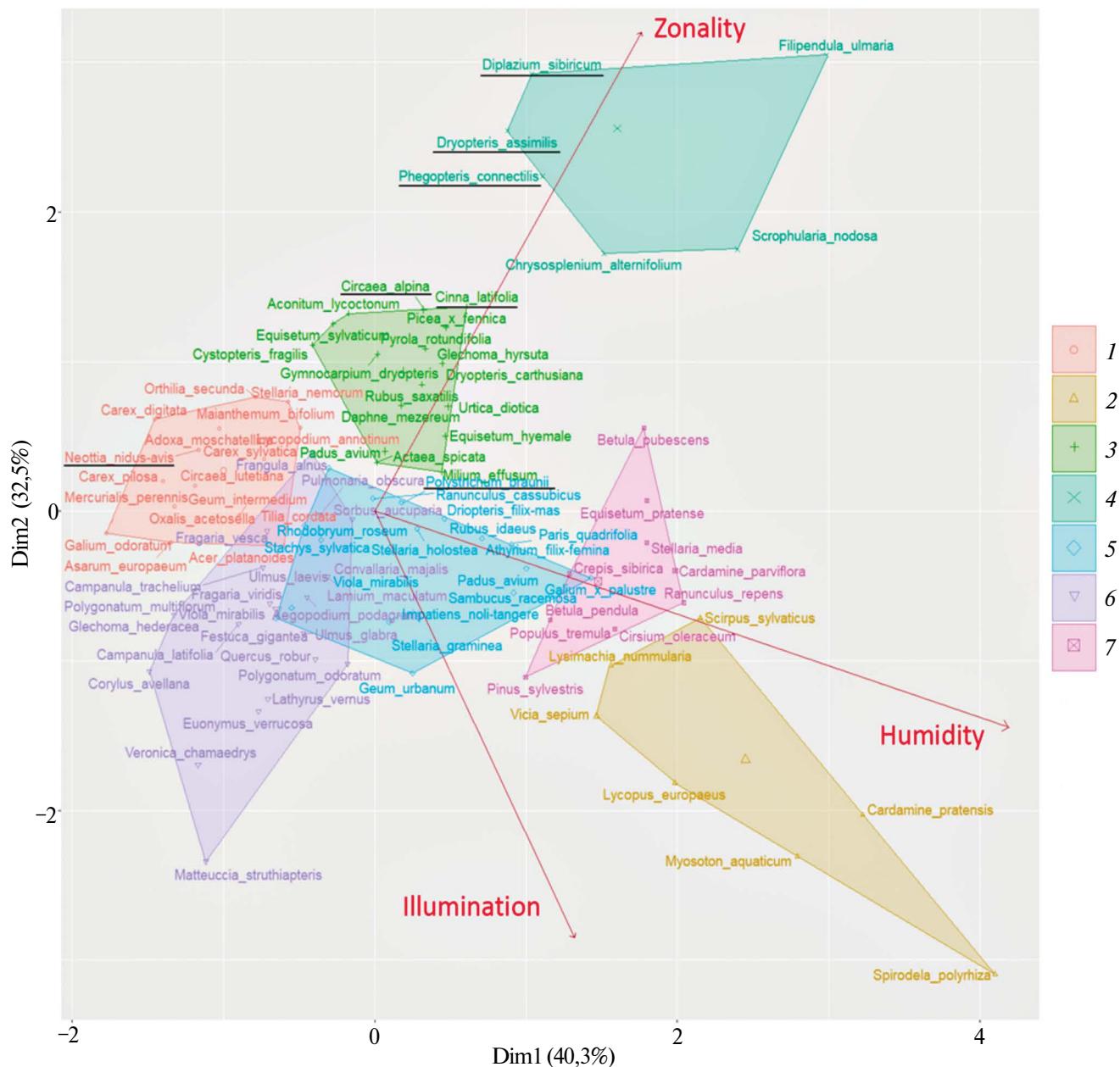


Рис. 3. Распределение видов растительности по факторам зональности, увлажнения и освещенности местообитаний. Выделены 7 кластеров: 1. Липняки, иногда единично с елью, формула древостоя 8Л1Е1К+В либо 7Л2К1В; 2. Днище оврага, вдоль ручья; 3. Подножие склона с елово-широколиственными сообществами, формула древостоя 3Е5Л2В или 2Е3Л2Б2К+В; 4. Склоны с елово-широколиственными сообществами, формула древостоя 5Л3Е1Д1К или 5Л2Е2К+В; 5 и 6 – кластеры широколиственных сообществ, формулы древостоя 7Л2Д+В+К или 5Л2В2К+В, 8Л1Б1В; 7. Березово-липовые, иногда с елью (валежом) сообщества, формула древостоя 5Б3Л+Е+В либо 6Б3Л1В. Черным выделены виды, включенные в Красную книгу РТ (2016).

преимущественно вегетативно размножающийся. В овражно-балочной системе пять местообитаний вида в елово-лиственных сообществах и реже по фрагментам осоково-снытьевых липняков с валежом ели по склонам и у подножия оврага с *M. bifolium* и *G. dryopteris*. Вид отмечается рассеянно либо обильно, численностью более 50 куртин.

Приборное измерение абиотических условий в овражно-балочной системе подтверждают эколого-ценотический и ординационный анализ видового состава сообществ. Усредненные данные по освещенности (в L_x) влажности воздуха (%) и температуре (C°), выполненные 05.07.2023 и 15.07.2024 и представлены в табл.1.

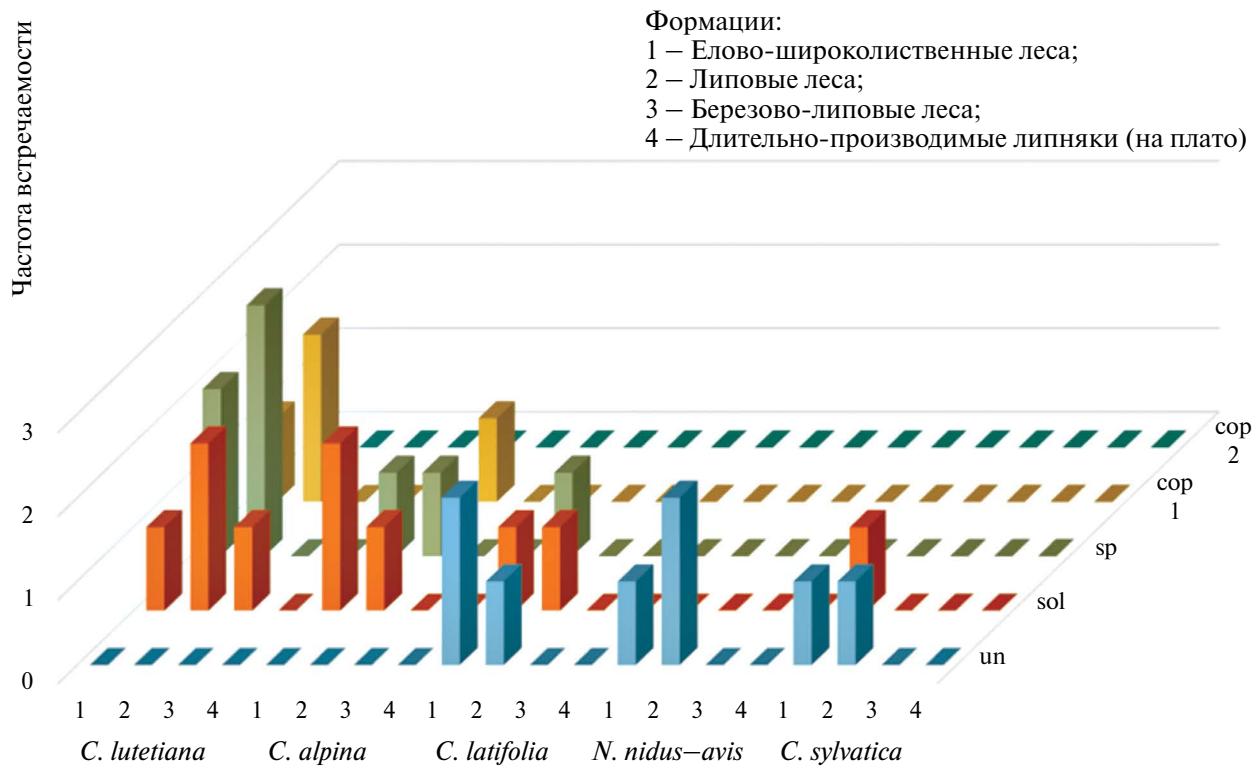


Рис. 4. Динамика обилия и встречаемости редких и индикаторных видов цветковых растений в исследованных фитоценозах.

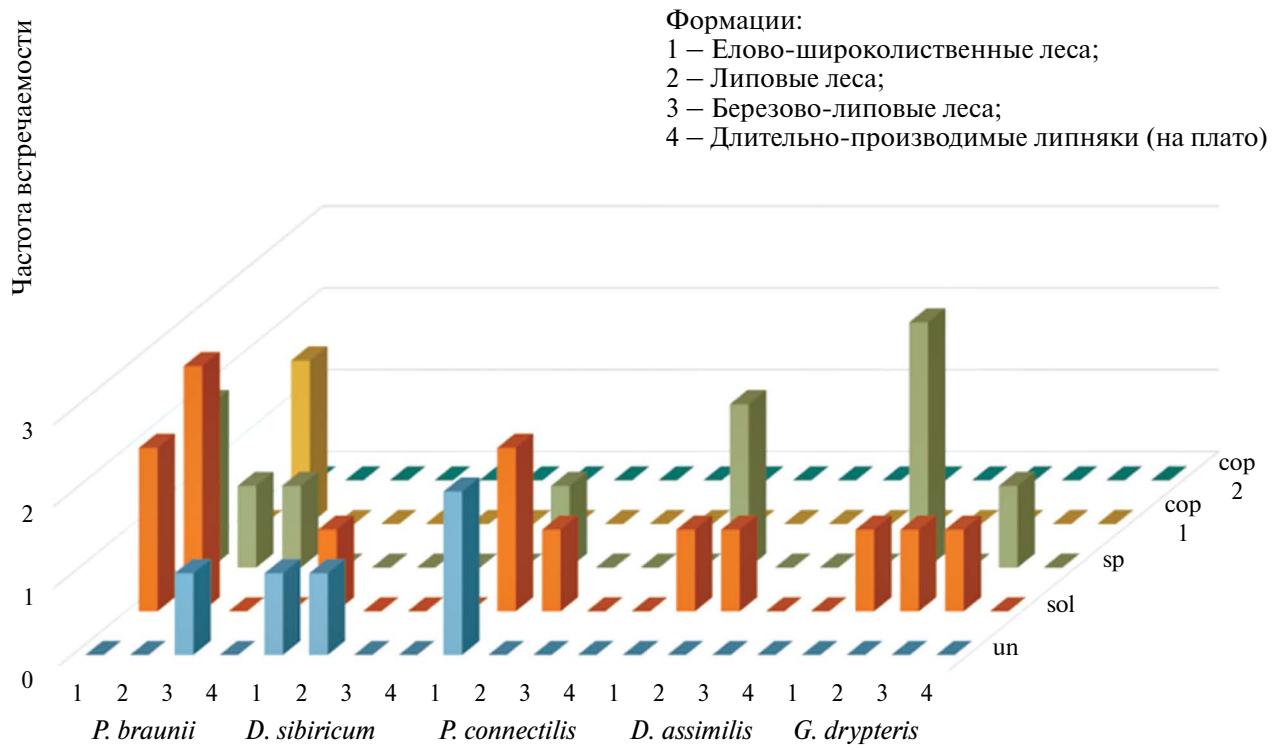


Рис. 5. Динамика обилия и встречаемости редких и индикаторных папоротников в фитоценозах.

Таблица 1. Динамика абиотических факторов в фитоценозах

Участки исследований	Освещенность, Lx	t°C	Влажность, %
Липняки на плато	550	23,2	35,5
Дубравы около устья оврага	666	23,9	40,3
Устье оврага, опушка липняка	308	22,6	43,4
Юго-восточный склон оврага	360	22,5	65,2
Северо-восточный склон оврага	238	20,8	71,9
Северо-западный склон оврага	273	20,2	74,5
Овраг, подножие склонов	212	22,3	62,2

Овражно-балочные системы отличаются низкой освещенностью и большей влажностью атмосферного воздуха, по сравнению с плакорными участками (табл.1), что приводит к увеличению разнообразия и обилия, не только папоротников, но печеночников и мхов.

На исследуемой территории был обнаружен 21 представитель мохообразных. Из них четыре вида относятся к отделу печеночники (*Marchantiophyta*), 17 к отделу мхи (*Bryophyta*). Три вида мхов занесены в Красную книгу Республики Татарстан (2016) – *Neckera pennata* Hedw. (категория 3, редкий вид), *Plagiomnium drummondii* (Bruch & Schimp.) T. J. Kor. (категория 2, сокращающий численность вид), *Anomodontella longifolia* (Schleich.ex Brid.) Ignatov & Fedosov – внесена в список редких и уязвимых таксонов, нуждающихся в контроле и наблюдении.

Вдоль ручья на дне отрогов оврага отмечены гигрофитные мхи, заселяющие в РТ, как правило, прибрежно-водные местообитания, такие как *Rhizomnium punctatum* (Hedw.) T.J.Kor. По склоновым участкам почва обнажается и появляются микроместообитания с низким обилием сосудистых растений, которые занимают мхи и печеночники, избегающие конкуренции с сосудистыми растениями, например, *Conocephalum conicum* (L.) Dumort, *Mnium stellare* Hedw. Благодаря повышенной влажности воздуха, в овражной системе наблюдается большее разнообразие и обилие эпифитных мохообразных *N. pennata* Hedw., *Homalia trichomanoides* (Hedw.) Bruch et al. Для них влажность воздуха является лимитирующим фактором, так как облигатные эпифиты получают с атмосферной влагой питательные вещества. *H. trichomanoides* очень обильна на стволах деревьев по днищу балки, встречаясь практически на каждом крупном стволе.

P. drummondii – Плагиомниум Драммонда – гольярктический гемибoreальный вид с широким ареалом, но в большинстве регионов весьма редок, распространение вида ограничено преимущественно подзонами южной и средней тайги. В РТ *P. drummondii* отмечался только в хвойно-широколиственных лесах, или лесах, где раньше присутствовала ель (Игнатов, Шафигуллина, 2016). В исследуемой овражно-балочной системе вид

часто встречался на почве или гниющей древесине в комплексе с миксомицетами, типичными для таежной зоны – *Siphoptichium violaceum* Leontyev, Schnittler & S.L. Stephenson, *Cribaria purpurea* Schrad., подтверждающими бореальный комплекс некоторых участков овражных фитоценозов, как и *Tetraphis pellucida* Hedw., встречающийся на разлагающемся валеже ели.

N. pennata – Неккера перистая, широко распространенная в лесной зоне Голарктики, в основном к югу от подзоны северной тайги, реже встречается в широколиственных лесах, где вид приурочен к старовозрастным малонарушенным лесам и во многих европейских странах рассматривается как уязвимый. В лесной зоне европейской России со второй половины XX века численность его резко сократилась из-за сокращения площадей, занятых старовозрастными лесами (Флора мхов..., 2020). Лимитирующим фактором для Неккера перистой в РТ является редкость участков с сохранившимися старовозрастными лесами и влажным воздухом, потому вид предпочитает биотопы вблизи водоемов, ручьев и по глубоким оврагам. Во влажных условиях овражно-балочной системы вид отмечен на стволах старых широколиственных деревьев (липы, вяза). В основном встречается в комплексе вместе с *H. trichomanoides*, *A. longifolia* и комплексом фоновых эпифитных видов: *Pylaisia polyantha* (Hedw.) Bruch et al., *Pseudoleskeella nervosa* (Brid.) Nyholm, *Radula complanata* (L.) Dumort.

A. longifolia – Аномодонтелла длиннолистная, распространенная на большей части территории Европы, в России встречается по лесной зоне европейской части, на Урале, Кавказе, в Алтае, Кузнецком Алатау, на севере Западного Саян и Дальнем Востоке (Флора мхов..., 2020). Лимитирующим фактором, снижающим распространение вида в РТ, является редкость участков с сохранившимися старовозрастными лесами. Вид встречается спорадически по склонам овражно-балочной системы преимущественно в липняках с елью и липняках с дубом и вязом, как эпифитный мох на стволах сохранившимися старовозрастных широколиственных деревьев, особенно в затененных участках. *A. longifolia* наряду с *N. pennata*, отмечался

в тех же сообществах, где встречались редкие виды миксомицетов – *Stemonitopsis microspora* (Lister) Nann.-Bremek. и *Stemonitis mussoriensis* G.W. Martin, K.S. Thind & Sohi, распространенные в широколиственной зоне Евразии и часто ассоциированы с мертвый древесиной *Q. robur*.

В целом тенденции увеличения обилия редких папоротников, таких как *P. braunii*, *Ph. connectilis*, *D. assimilis*, *Diplazium sibiricum* по логам и овражно-балочным системам, где сохраняются естественные природные комплексы неморальных ельников и таежных сообществ, отмечаются рядом авторов на территории Республики Башкортостана и Удмуртии, и Пермского края (Ефимик, Зенкова, 2018; Башева и др., 2020; Баранова, 2020). При этом ключевыми видами для точной идентификации бореального либо превалирования неморального комплекса некоторых микроместообитаний овражно-балочной системы стали определенные виды мхов, миксомицетов и грибов. Грибы, как универсальные редуценты и симбионты большинства деревьев обеспечивают биогеохимический круговорот вещества и энергии для полноценного существования лесных экосистем. При этом экто- и эндомикоризные грибные комплексы поддерживают таежные сообщества в условиях изменения климата и смещения границ биомов бореальных лесов, поддерживая биоразнообразие бореальных видов, на что указывают ряд исследователей (Lindahl, Tunlid, 2015; Averill *et al.*, 2018; Разгулин, 2022).

Овражно-балочная система и прилегающие плакорные участки обеспечили существование 99 видов базидиальных макроскопических грибов, относящихся к 54 родам, 26 семействам и 7 порядкам. При этом 77 видов указывается непосредственно для овражно-балочной системы, тогда как на плакорном участке по периметру оврага обнаружены только 37 видов. Помимо фоновых и широко распространенных видов здесь встречены новые виды, ранее неизвестные на территории региона (рис.6). К ним относятся: *Tricholomopsis sulfureoides* (Peck) Singer, *Mycena maculata* P. Karst., *Mycena pterigena* (Fr.) P. Kumm., *Pholiota elegans* Jacobsson, *Entoloma lивidoalbum* (Kühner & Romagn.) Kubička. К новым видам, встреченным на плакорном участке, относятся только *Cytoporus erythropus* (Pers.) Antonín, Halling & Noordel. И если *Ph. elegans*, *M. maculata*, *E. lивidoalbum* и *M. pterigena* не проявляют строгой приуроченности к типам сообществ, то *T. sulfureoides* является редким и уязвимым видом, приуроченным к древесине темнохвойных видов – ели и пихты (Holec *et al.*, 2019; The Global Fungal Red List, 2024). Следует отметить, что существование редкого в регионе *M. pterigena* обеспечено влажными и прохладными условиями овражно-балочной системы, подходящими для роста папоротников, на вайях которых предпочитает селиться данный вид.

Помимо новых для региона грибов, здесь также обнаружены виды, включенные в Красную книгу РТ (2016): *Leucoagaricus nympharum* (Kalchbr.) Bon, *Rhodonia placenta* (Fr.) Niemelä, K.H. Larss. & Schigel, *Hermannsonia centrifuga* (P. Karst.) Zmitr. (syn. *Phlebia centrifuga* P. Karst.), *Pluteus fenzlii* (Schulzer) Corriol & P.-A. Moreau, *Pseudohydnum gelatinosum* (Scop.) P. Karst., *Polyporus umbellatus* (Pers.) Fr., *Ischnoderma resinosum* (Schrad.) P. Karst (рис.6). При этом *R. placenta*, *P. gelatinosum* и *H. centrifuga*, произрастаая на древесине хвойных деревьев, являются типичными представителями бореальной зоны, тогда как *P. fenzlii* и *I. resinosum* – приуроченные к неморальным типам сообществ произрастают на валеже лиственных деревьев. К видам, приуроченным к темнохвойным породам, также относится *L. nympharum* и базидиальные виды, включенные в Приложение к разделу “Грибы” Красной книги РТ (2016) – *Mycena epipterygia* (Scop.) Gray и *Phellinidium ferrugineofuscum* (P. Karst.) Fiasson & Niemelae,

Обилие крупномерного валежа ели обеспечило существование не только охраняемых видов, но и типичных для данного субстрата: *Heterobasidion parviporum* Niemelä & Korhonen, *Xeromphalina campanella* (Batsch) Kühner & Maire, *Trichaptum abietinum* (Dicks.) Ryvarden, *Crustoderma dryinum* (Berk. & M.A. Curtis) Parmasto, *Rhodofomes roseus* (Alb. & Schwein.) Vlasák, *Antrodia xantha* (Fr.) Ryvarden и др. В овражно-балочную систему активно проникают и неморальные элементы, что обеспечивается, в первую очередь, присутствием здесь валежа дуба и липы, которые либо сопутствовали древостою, либо под действием сил тяжести оказываются в овраге после процессов естественного отпада на плакорном участке. Так, *Xylobolus frustulatus* (Pers.) P. Karst. и *Holwaya mucida* (Schulzer) Korf & Abawi, включенные в Приложение к разделу “Грибы” (Красная книга..., 2016), были обнаружены по дну оврага на валеже дуба и липы, и являются редкими неморальными и индикаторными видами. Также валеж дуба здесь активно заселяют такие типичные для него виды, как *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill и *Hymenochaete rubiginosa* (Dicks.) Lév.

Плакорный участок, в особенности к югу от овражно-балочной системы, представляет собой дубняк, подвергающийся умеренному антропогенному воздействию. Здесь почти полностью отсутствует валеж дуба, однако значительное количество пней и наличие сухостоя дуба определило возможность обитания редких видов, связанных с *Q. robur*: *Hapalopilus croceus* (Pers.) Donk, включенного в Красную книгу Российской Федерации (2024) и Красную книгу РТ (2016). Бореальные виды грибов в лесу плакорного участка почти не отмечены. В действительности единственным, однако, редким видом, приуроченным к хвойным лесам, является *Leucopaxillus cutesfractus* Noordel., известным в Татарстане лишь по пяти находкам. Также под



Рис. 6. Редкие и охраняемые виды грибов овражно-балочной системы и прилегающих плакорных участков. (а) – *Fistulina hepatica*; (б) – *Polyporus umbellatus*; (в) – *Rhodonia placenta*; (г) – *Pseudohydnum gelatinosum*.

крупномерными елями, единично отмеченным в длительно-производных липняках, найдена *Lepiota ochraceofulva*, предложенная к включению в четвертое издание Красной книги Татарстана.

В овражно-балочной системе собрано 516 образцов миксомицетов на опаде листвы, остатках коры и травянистых растений, мелком и крупном валеже. Всего обнаружено 73 вида миксомицетов, принадлежащих 12 семействам: 61 – при полевом отборе материала, 14 – in mcc. Новыми для Республики Татарстан стали 26 видов, а три вида, *Cibraria meylanii* Brändza, *Comatricha rutilapedata* H. Marx, *S. mussoiriensis*, зарегистрированы впервые для территории Российской Федерации (Bortnikov *et al.*, 2020). Кроме того, помимо этих видов, еще девять можно считать редкими для мира, число обнаружений

которых не превышает 100: *Barbeyella minutissima* Meyl., *Cibraria oregana* H.C. Gilbert, *Cibraria rubiginosa* Fr., *Perichaena calongei* Lado, D. Wrigley & Estrada., *Siphoptichium reticulatum* Leontyev, Schnittler & S.L. Stephenson, *S. violaceum*, *S. microspora*, *Trichia erecta* Rex, *Tubifera magna* Leontyev, Schnittler, S.L. Stephenson & T. Kryvomaz (рис. 7).

Основной процент разнообразия (15–40%) приходится на представителей семейств Reticulariaceae, Cibrariaceae и Trichiaceae, других семейств миксомицетов – от 1 до 8%. Эти же семейства включали наибольшее количество видов, обнаруживаемых преимущественно в бореальной зоне, если речь идет о территориях северного полушария. На исследуемой локации, основным местообитанием, характерным для сообществ тайжного типа, выступала

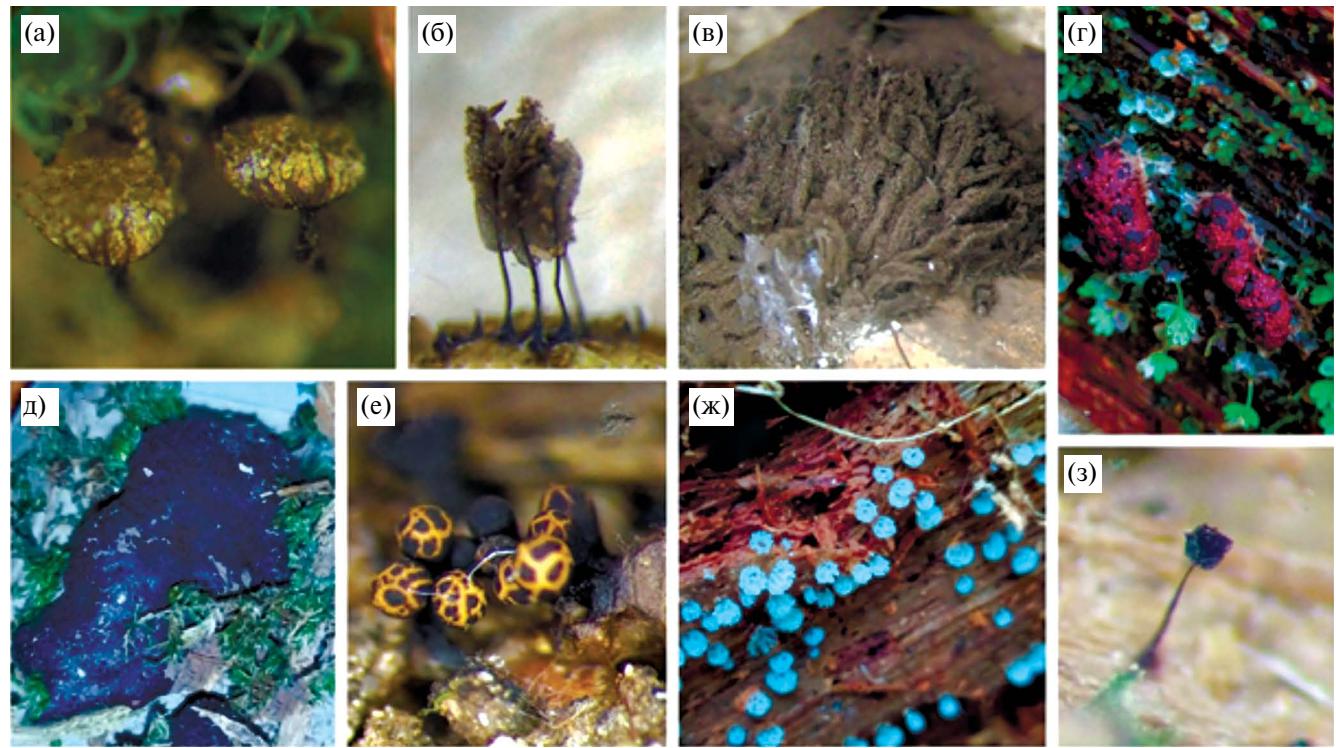


Рис. 7. Некоторые редкие виды миксомицетов, найденные в сообществах овражно-балочной системы. (а) – *Cribalaria meylanii*; (б) – *Stemonitopsis microspora*; (в) – *Stemonitis mussoriensis*; (г) – *Siphoptichium reticulatum*; (д) – *S. violaceum*; (е) – *Trichia erecta*; (ж) – *Ceratiomyxa porioides*; (з) – *Barbevella minutissima*.

мертвая древесина и кора *P. fennica*. Для Trichiaceae характерна тенденция к обитанию в таких микроместообитаниях, как *Trichia botrytis* Georgev. и *T. erecta*, получивших свое распространение на исследуемой территории. При этом, второй вид являлся редким и более ассоциированным с хвойными деревьями. По аналогии с ними распространялась *Metatrichia floriformis* (Schwein.) Nann.-Bremek. Для Cribariaceae – это большинство обнаруженных представителей рода: *Cribaria vulgaris* Schrad., *Cribaria rufa* (Roth) Rostaf. из сравнительно распространенных в мире и на территории РФ и редкая *C. purpurea*, которая встречалась здесь исключительно на гниющей древесине ели, пораженной бурой гнилью. Последняя при этом входит в число доминирующих видов в овражно-балочной сети, однако на территории Поволжья более нигде не известна. В аналогичных ей условиях обитала *Cribaria cancellata* (Batsch) Nann.-Bremek.. Редкие виды *C. rubiginosa*, *Cribaria oregana* и *C. meylanii* были единично обнаружены в “ boreальных ” микроместообитаниях, иногда в ассоциации с листостебельными мхами на поверхности мертвой древесины. В семействе Reticulariaceae основной частью “ boreальной ” биоты стали *S. violaceum* и *Siphoptichium reticulatum*, недавно выделенные в рамках самостоятельных видов (Leontyev *et al.*, 2019). Все представители находились

в ассоциации с мхами на бурой гнили. Менее распространенные *T. magna* и *Tubifera montana* также были связаны с мертввой древесиной *P. fennica*. В дополнение, еще три редких вида обитали во фрагментах елово-широколиственных сообществ: *C. rutilepedata*, *Ceratiomyxa porioides* (O.F. Müll.) T. Macbr. и *B. minutissima*, распространенные в северной тайге и горных регионах (Schnittler *et al.*, 2000). Во влажных камерах исключительно на коре *P. fennica* был обнаружен *Paradiacheopsis fimbriata*, типичный представитель миксомицетов, обитающих только на хвойных видах деревьев.

Более или менее распространенные виды, включая некоторые редкие, были ассоциированы (рис. 8) либо с мертввой древесиной *Q. robur* (*S. microspora*, *Craterium* sp., *Arcyria obvelata* etc.) и *B. pendula* (*Trichia favoginea*), либо листовым опадом (*Diachea leucopodia*) и древесными останками на почве (*S. mussoriensis*), или же обитали в широком спектре условий гниющей древесины и не были ассоциированы с конкретным видом дерева (*Trichia varia* (Pers. ex J.F. Gmel.) Pers., *Trichia scabra* Rostaf., *Metatrichia vesparia* (Batsch) Nann.-Bremek. ex G.W. Martin & Alexop., *Arcyria denudata*, *Hemitrichia serpula* и др.) (рис. 9). Виды *Perichaena* и *Arcyria*, *Licea operculate* (Wingate) G.W. Martin, *Echinostelium minutum* de Bary, *Calomyxa metallica* (Berk.) Nieuwl.

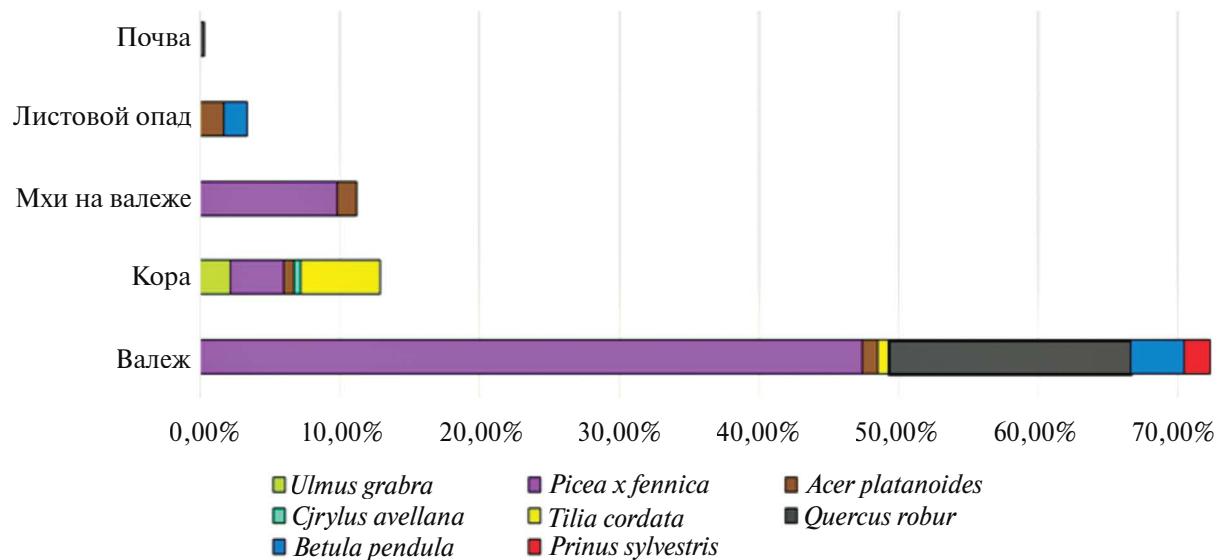


Рис. 8. Распределение миксомицетов внутри градиента микроместообитаний.

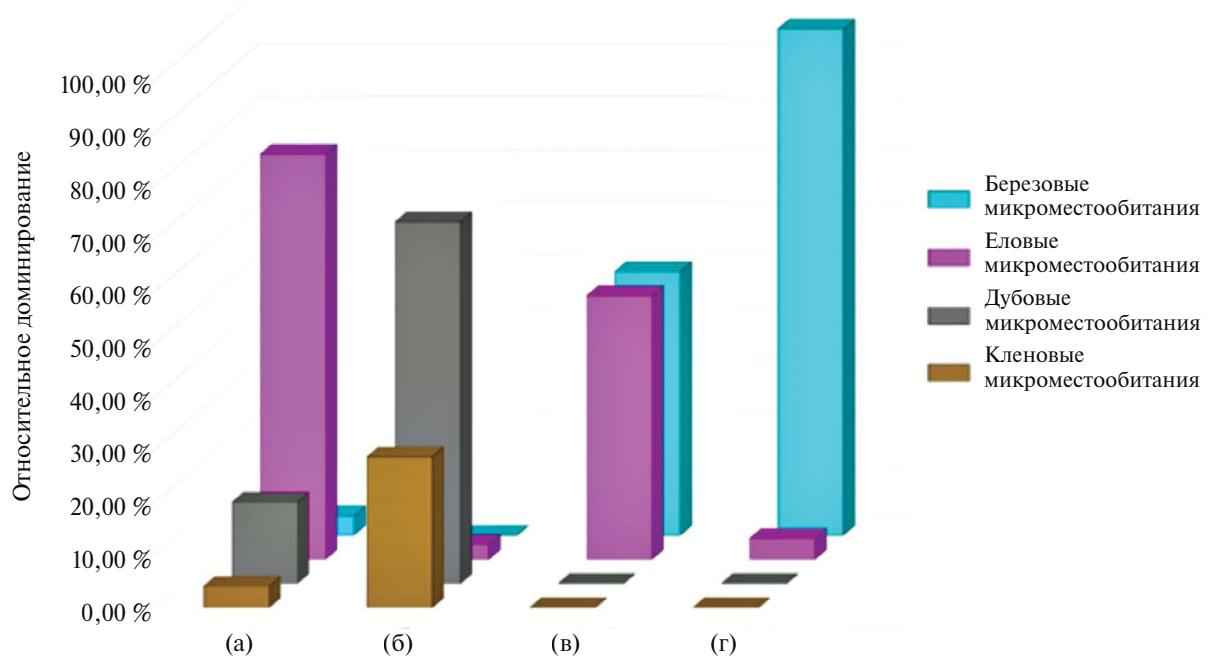


Рис. 9. Соотношение групп миксомицетов по отношению к микроместообитаниям в различных растительных формациях. (а) – Елово-липовые; (б) – Липняки в теле балки; (в) – Березово-липовые; (г) – Длительно-производные липняки на плато.

ассоциированы с корой живых деревьев, а виды *Diodia* — преимущественно с лиственным опадом.

Понятие эколого-ценотических групп миксомицетов не столько принято в литературе, сколько понятие эколого-трофических (Rollins, Stephenson, 2011). В основе распространения миксомицетов

лежат микроместообитания, непосредственно являющиеся частью крупных рангов экосистем. Так, география вида (gbif.com) и его обнаружение в наших условиях, например, только на мертвой древесине ели, может говорить о некой “ boreальности” миксомицета, а микроклимат оврага – причиной

обнаружения их только в этой влажной и затененной среде.

Аналогично проведенная ценотическая оценка распространения миксомицетов (рис. 9), но с уточнением их групп-микроместообитаний, показала определенную системность расхождения таковых между растительными формациями. Так, доминирование большого количества мертвый древесины ели отмечается в елово-широколиственных лесах, где происходит ее активное выпадение (рис. 9: а), и в березово-липовых ассоциациях, где ель уже перестала существовать в древостое (рис. 9: в). Вместе с этим растет и обилие видов, занимающих такие микроместообитания. По аналогии мы могли наблюдать значительное количество дубового и кленового валежа в молодых липняках в теле балки (рис. 9: б) в местах, имевших менее пригодные условия для произрастания ели в прошлом.

В уже упомянутых березово-липовых сообществах (рис. 9: в) также можно было проследить распространение видов “березовых” микроместообитаний, обусловленное сложением верхнего яруса липняков старыми выпадающими березами, постепенно замещающимися липами. На плакорных участках (рис. 9: г), без большого количества мертвый древесины, основное разнообразие пришлось на виды старого и топологически редкого березового валежа, говорящего о давнем замещении их типичными длительно-производными липовыми лесами.

Обилие некоторых видов мхов, и особая приуроченность грибов и миксомицетов к микроместообитаниям boreального или неморального комплекса растений, с валежом, сухостоем или опавшей листвой деревьев, позволило выявить диагностические виды (табл. 2).

Таблица 2. Редкие виды растений и индикаторы (растения, грибы, миксомицеты) boreально-неморальных и неморальных сообществ

Тип сообщества	Редкие виды растений и грибов	Индикаторные виды		
		растения	грибы	миксомицеты
Старовозрастные елово-широколиственные	<i>C. alpina</i> , <i>C. latifolia</i> , <i>D. sibiricum</i> , <i>Dr. assimilis</i> , <i>Ph. connectilis</i> , <i>P. braunii</i> , <i>N. nidus-avis</i> ; мхи – <i>Plagiomnium drummondii</i> , <i>Anomodontella longifolia</i> ; грибы – <i>H. centrifuga</i> , <i>Rh. placenta</i> , <i>T. sulfureoides</i> , <i>P. gelatinosum</i>	<i>P. fennica</i> , <i>C. lutetiana</i> , <i>G. dryopteris</i> , <i>O. acetosella</i> , <i>M. bifolium</i> , мхи – <i>Tetraphis pellucida</i> , <i>Homalia trichomanoides</i>	<i>H. parviporum</i> , <i>C. dryinum</i> , <i>Rh. roseus</i> , <i>T. abietinum</i>	<i>S. violaceum</i> , <i>C. purpurea</i> , <i>T. magna</i> , <i>T. montana</i> , <i>P.s fimbriata</i>
Вторичные березняки с липой и елью (или валеж ели)	<i>C. alpina</i> , <i>Ph. connectilis</i> , <i>P. braunii</i>	<i>G. dryopteris</i> <i>M. bifolium</i> , <i>P. rotundifolia</i> , <i>P. fennica</i>	На еловом валеже: <i>H. parviporum</i> , <i>T. abietinum</i>	<i>C. purpurea</i> , <i>S. violaceum</i> , <i>T. favoginea</i> , <i>D. leucopodia</i>
Старовозрастные дубово-липовые	<i>C. alpina</i> , <i>P. braunii</i> , <i>N. nidus-avis</i> ; мхи – <i>Neckera pennata</i> , <i>Anomodontella longifolia</i> ;	<i>Carex sylvatica</i> , <i>C. lutetiana</i> , <i>M. struthiopteris</i> , <i>A. filix-femina</i> , мхи – <i>Homalia trichomanoides</i>	<i>P. fenzlii</i> и <i>I. resinosum</i> , <i>X. frustulatus</i> , <i>L. sulphureus</i> , <i>H. rubiginosa</i>	<i>S. microspora</i> , <i>S. mussooriensis</i> , <i>A. obvelata</i>
Молодые липняки с кленом и вязом (редко с валежом ели)	<i>C. alpina</i> , <i>D. sibiricum</i> , <i>Ph. connectilis</i> , <i>P. braunii</i>	<i>C. lutetiana</i> , <i>G. dryopteris</i> , <i>D. carthusiana</i> и <i>D. filix-mas</i> ; мхи и печеночники – <i>Pylaisia polyantha</i> , <i>Pseudoleskeella nervosa</i> , <i>Radula complanata</i>	<i>H. mucida</i>	<i>T. favoginea</i>
Длительно-производные липняки на плато	Отмечены только редкие грибы под единичными старовозрастными елями: <i>L. cutesfractus</i> , <i>L. ochraceofulva</i> и на участках с участием старовозрастных дубов: <i>H. croceus</i> , <i>G. erythropus</i>	<i>Carex pilosa</i> , <i>Aegopodium podagraria</i> , <i>Mercurialis perennis</i> , <i>A. filix-femina</i> <i>D. carthusiana</i> и <i>D. filix-mas</i> ; мхи и печеночники – <i>Pylaisia polyantha</i> , <i>Radula complanata</i>	–	<i>T. favoginea</i>

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пригодность овражно-балочных систем для сохранения и поддержания популяций редких видов растений и особенно споровых, как грибов и миксомицетов обусловлены практически полным отсутствием рекреационной нагрузки и лесотехнического вмешательства, что позволяет сохраняться мелкому и крупному валежу, сухостою и участкам, недоступным для прогулок людей. Изрезанный рельеф, разная экспозиция склонов в отрогах овражно-балочной системы и выходы грунтовых вод формируют здесь специфичный микроклимат и разнообразие микроместообитаний. Разреженность травостоя склоновых лесов оврага способствует снижению конкуренции с другими видами растений, обеспечивая сохранность и обилие редких бореально-неморальных папоротников и мхов в сохранившихся фрагментах бореального комплекса и старовозрастных липняков с дубом или елью. Снижение освещенности и температуры способствует сохранению здесь высокой влажности воздуха и почвы, и является важнейшим условием для жизненного цикла и полового размножения споровых растений, грибов и миксомицетов.

На основе оценки абиотических и биотических условий среды выявлено, что наиболее благоприятными местообитаниями для произрастания *P. braunii* являются склоновые участки разреженных или затененных широколиственных лесов, иногда с участием ели. Для *P. connectilis* и *D. sibiricum* благоприятны подножия склонов оврага и склоны северной экспозиции с фрагментами елово-широколиственных осоково-папоротниковых или осоково-снытьевых сообществ. Сохранение высокой влажности воздуха способствует обильному развитию редких эпифитных мхов, а эрозионно-нарушенная почва, где вода на склоне не задерживается, а стекает, предотвращает избыточное увлажнение корней, способствует снижению конкуренции и сохранению здесь редких видов папоротников и мхов. Напротив, по днищу оврага, с выходом грунтовых вод образуются обильные заросли *M. struthiopteris*, *A. filix-femina*, *C. lutetiana*, редко *G. dryopteris*, на более сухих участках *D. carthusiana* и *D. filix-mas*.

Грибы и миксомицеты проходят дифференциацию так, что каждый вид может функционировать только в своем градиенте микроклиматических и трофических факторов. Поэтому, в совокупности с их ролью основных редуцентов макро- и микробиоты экосистем, позволяет использовать множество видов в качестве диагностических, в частности и для растительных фрагментов бореальной зоны, а также для оценки нынешнего и прошлого состояния растительных экосистем.

Сохранение фрагментов коренных елово-широколиственных сообществ в овражно-балочных системах определяет наличие местообитаний редких

видов растений, грибов и миксомицетов, занесенных в Красную книгу Республики Татарстан либо в Красную книгу Российской Федерации. Наряду с семенными растениями, разнообразие редких бореальных споровых растений, грибов и миксомицетов можно назвать “ключевыми” организмами, обеспечивающими устойчивость функционирования уникальных участков зональных словошироколиственных сообществ на территории РТ.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы рукописи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в инициативном порядке.

БИОЭТИКА

Данная работа не содержит исследований с участием людей и животных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Башиева Э.З., Мулдашев А.А., Валитова Л.А. К флоре памятника природы “Водопад Кукраук” и его окрестностей (Республика Башкортостан) // Вестник Оренбургского гос. пед. института. 2020. № 3 (35). С. 1–16.
DOI: 10.32516/2303-9922.2020.35.1
- Бакин О.В. Папоротниковые / Красная книга Республики Татарстан: животные, растения, грибы. (Издание 3-е). Казань: Министерство лесного хозяйства Республики Татарстан, 2016. С. 543–556.
- Баранова О.Г. Аборигенная флора центральных районов Удмуртской Республики // Фиторазнообразие Восточной Европы 2020. XIV: 4. С. 498–523.
DOI: 10.24411/2072-8816-2020-10085
- Гордягин А.Я. Растительность Татарской Республики // Географическое описание Татарской Республики. Казань: Госиздат, 1921. С. 143–222.
- Дроздова Е.А., Корнилов А.Г., Белицкая Ю.С. Экологический каркас в схеме землеустройства Белгородской области // Геология, география и глобальная энергия. 2013. №4 (51). С.182–190.
- Ермолаев О.П., Медведева Р.А., Иванов М.А. Современная овражная эрозия в лесных и лесостепных ландшафтах востока Русской равнины // Геоморфология. 2021. Т. 52. № 4. С. 28–41.
DOI: 10.31857/S0435428121040064
- Ефимик Е.Г., Зенкова Н.А. О новых и редких видах с территории Пермского края // Вестник

- permского университета, серия Биология, 2018. Вып.2. С. 139–143.
DOI: 10.17072/1994-9952-2018-2-139-143
- Желудова Е.М. Популяционная биология некоторых представителей подкласса Polypodiidae в Смоленской области в связи с проблемами редких видов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2007. 21 с.
- Затолокина Н.М., Лукашова Н.В. Анализ использования овражно-балочных систем в городе Белгород // Вектор ГеоНаук. 2019. Т.2. №2. С. 63–67.
- Игнатов М.С., Шафигуллина Н.Р. Плагиомниум Драммонда / Красная книга Республики Татарстан: животные, растения, грибы. (Издание 3-е). Казань: Министерство лесного хозяйства Республики Татарстан, 2016. С. 590–591.
- Конопля Н.И., Шинкарев Е.А. Биоразнообразие как индикатор устойчивого развития агроэкосистем // Инновационные направления интеграции науки, образования и производства: сборник тезисов докладов участников II Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Е.П. Масюткина. – Керчь: издательство ФГБОУ ВО “Керченский государственный морской технологический университет”, 2021. С.568–571.
- Красная книга Республики Татарстан: животные, растения, грибы // Издание 3-е. – Казань: Министерство лесного хозяйства Республики Татарстан, 2016. – 760 с.
- Красная книга Российской Федерации. Растения и грибы / Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации [и др.]; ответственный редактор: доктор биол. наук Д. В. Гельтман. – 2-е офиц. изд. – Москва: ВНИИ “Экология”, 2024. 944 с.
- Прохоров В.Е., Фардеева М.Б. Общая характеристика наземной растительности города и его рекреационной зоны (на примере лесопарка “Лебяжье”) // Экология города Казани. Казань: изд-во “Фэн” Академии наук РТ, 2005. С. 148–158.
- Разгулин С.М. Микоризные комплексы и их роль в экологии бореальных лесов (Обзор) // Известия РАН. Серия Биологическая, 2022. №6. С. 668–677. DOI: 10.31857/S1026347022060142
- Сафина Г.М., Афонина Е.А. Анализ флоры овражно-балочной системы восточной окраины г. Елабуги (Татарстан) // Успехи современного естествознания. 2014. №8. С. 52–54.
- Севостьянова Л.И., Гончаров Е.А., Ануфриев М.А. Анализ овражно-балочной сети на территории Республики Марий Эл // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки, 2018. Т. 42. № 2. С. 152–161. DOI: 10.18413/2075-4671-2018-42-2-152-161.
- Соловьевников И.А., Васильевич В.В. Водобродки Coleoptera: Hydraenidae овражно-балочной системы г. Витебска и его окрестностей // Актуальные проблемы охраны животного мира в Беларуси и сопредельных регионах: материалы I Международной научно-практической конференции, Минск, Беларусь, 15–18 октября 2018 г., ред. колл.: А.В. Кулак [и др.]. Минск: ГНПО “НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам”, 2018. С. 355–358.
- Савельев А.А., Мухарамова С.С., Чижикова Н.А., Пилогин А.Г. Теория пространственных точечных процессов в задачах экологии и природопользования (с применением пакета R): учебное пособие. Казань: Издательство Казанского университета, 2022. – 150 с.
- Фардеева М.Б., Ахмерова А.И. Предварительные итоги морфометрии онтогенетических групп и состояние популяции *Polystichum braunii* (Spenn.) Fee // “Экологическая морфология растений” Матер. XI Всеросс. конф. с межд. участием, посвященная памяти И.Г. и Т.И. Серебряковых. Москва: МПГУ, 2024. С. 456–460.
- Флора мхов России. Том 2. Oedipodiales – Grimmiales. / М.С. Игнатов (отв. ред.). М.: Т-во научных изданий КМК, 2017. 560 с.
- Флора мхов России. Том 4. Bartramiales – Aulacomniales. / М.С. Игнатов (отв. ред.). М.: Т-во научных изданий КМК, 2018. 543 с.
- Флора мхов России. Том 5. Hypopterygiales – Hypnales (Plagiotheciaceae – Brachytheciaceae). / М.С. Игнатов (отв. ред.). М.: Т-во научных изданий КМК, 2020. 600 с.
- Флора мхов России. Том 6. Hypnales (Calliergonaceae – Amblystegiaceae) / М.С Игнатов (отв. ред.). М.: Т-во научных изданий КМК, 2022. 186 с.
- Хохряков А.П. Жизненные формы папоротникообразных // Изв. АН СССР. Сер. биол. 1979. № 2. С. 251 – 254.
- Цыганов Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука. 1983. 196 с.
- Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) // СПб.: Мир и семья-95. 1995. 992 с.
- Шорина Н.И. Экологическая морфология и популяционная биология представителей подкласса Polypodiidae: Автореф. дис. ...д-ра биол. наук. 1994. М., МГПИ. 34 с.
- Averill C., Dietze C., Bhatnagar J. Continental – scale nitrogen pollution is shifting forest mycorrhizal associations and soil carbon stocks // Global Change Biology. 2018. V. 24. P. 4544–4553.
<https://doi.org/10.1111/gcb.14368>
- Bortnikov, F.M., Matveev, A.V., Gmoshinskiy, V.I., Novozhilov, Yu.K., Zemlianskaya, I.V., Vlasenko, A.V., Schnittler, M., Shchepin, O.N., Fedorova, N.A. Myxomycetes of Russia: a history of research and a checklist of species // Karstenia. 2020. V. 58. № 2. P. 316–373. <http://doi.org/10.29203/ka.2020.502>
- Konstantinova N.A., Bakalin V.A. Andreeva E.N. Bezugodov A.G., Borovichev E.A., Dulin M.V., Mamontov Yu.S. Checklist of liverworts (Marchantiophyta) of Russia // Arctoa. 2009. V.18. P.1-64.

- Drude O. Die Okologie der Pflanzen. Braunschweig, 1913. 308 p.
- Harkonen M., Ukkola T. Conclusions on myxomycetes compiled of twenty-five years from 4793 moist chamber cultures // *Stapfia*. 2000. V. 73. P. 105–112.
- Holec J., Kunca V., Kolařík M. 2019. *Tricholomopsis badiensis* sp. nov. and *T. sulphureoides*—two rare fungi of European old-growth forests // *Mycological Progress*. 2019. V. 18. P. 321–334.
DOI: 10.1007/s11557-018-1449-7
- Ignatov M.S., Afonina O.M., Ignatova E.A. et al. Checklist of East Europe and North Asia // *Arctoa*. 2006. V. 15. P. 1–130.
- Jalas J. Hemerobie and hemerophore Pflanzenarten. Ein terminologischer Reformversuch // *Acta Societas Fauna et Flora Fennica*. 1955. V. 72. P. 1–15.
- Kotova N., Fardeeva M., Usmanov B., Potapov K. Preliminary determination of wood stocks for evaluation of carbon storage in forest systems of landslide slopes // III International Conference on Improving Energy Efficiency Environmental Safety and Sustainable Development in Agriculture (EESTE, 2023). 2023. V. 463. Art. № 02025.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346302025>
- Leontyev D.L., Schnittler M., Stephenson S.L., Novozhilov Y.K. Systematic revision of the *Tubifera casparyi* – *T. dictyoderma* complex: Resurrection of the genus *Siphoptychium* and introduction of the new genus *Thecotubifera*. // *Mycologia*. 2019. V. 111. № 6. P. 981–997. <http://doi.org/10.1080/00275514.2019.1660842>
- Lindahl B., Tunlid A. Ectomycorrhizal fungi – organic matter decomposers, yet not saprotrohs // *New Phytol*. 2015. V. 205. P. 1443–1447.
<https://doi.org/10.1111/nph.13201>
- Prokhorov V., Rogova T., Kozhevnikova M. Vegetation Database of Tatarstan // *Phytocoenologia*. 2017. Vol. 47, Is. 3. P.309–313.
- Rollins A.W., Stephenson S.L. Global distribution and ecology of myxomycetes // *Current Topics in Plant Biology*. 2011. V. 12. P. 1–14.
- Schnittler, M., Stephenson, S.L., Novozhilov, Y.K. (2000). Ecology and world distribution of *Barbeyella minutissima* (Myxomycetes). *Mycological Research* V. 104. № 12. P. 1518–1523. <http://doi.org/10.1017/S0953756200002975>
- Sukopp H. Dynamik und der Konstanz Bundesrepublik der flora Deutschland, Schriftenreihe für Vegetationskunde, 1976. P. 9–26.
- Sukopp H. Human-caused impact on preserved vegetation // *Landscape and Urban Planning*. 2004. V. 68 (4). P. 347–355.
- The Global Fungal Red List, 2024. [Электронный ресурс]. https://redlist.info/iucn/species_view/307073 (дата обращения 16.02.2025).

Gully-ravine systems as unique habitats sustaining rare species of plants, fungi, and myxomycetes

M.B. Fardeeva*, K.O. Potapov, R. E. Sadykov, N.R. Shafiqullina

Kazan Federal University, Ul. Kremlevskaya, 18, Kazan, 420008 Russia

*e-mail: orchis@inbox.ru

A comprehensive assessment of the ravine-gully network and buffer zone at the V. P. Engelhardt Astronomical Observatory of Kazan Federal University (Republic of Tatarstan) revealed 94 vascular plant species, 17 species of mosses, 4 species of liverwort, 99 species of basidiomycete macrofungi, 73 myxomycete species, and a significant number of rare species. The habitats supporting rare ferns and mosses exhibit markedly different biotic and abiotic conditions compared to the adjacent woodlands bordering the ravine. Microclimate conditions along the ravine slopes differed markedly: air humidity was double that of adjacent areas (ranging from 62% to 74%), light availability was reduced by half, and temperatures were 2–3°C cooler. Analysis of rare plant distribution via ordination, incorporating ecological scales, identified a strong association of these species with remnants of old-growth zonal spruce-broadleaf forest communities. Indicator species of fungi and myxomycetes identified on deadwood (fallen logs and standing dead trees) clearly demonstrate their host specificity for c *Picea fennica*, *Quercus robur*, *Tilia cordata* and *Betula pendula*.

Keywords: biodiversity, status of protected species, plants, fungi, slime molds, ravine-gully network