
РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Институт комплексного анализа
региональных проблем
Дальневосточного отделения
Российской академии наук

Том 25 № 1
2022

Журнал основан в 1995 г.
Выходит 4 раза в год
ISSN 2618-9593

Главный редактор
чл.-корр. РАН Е.Я. Фрисман

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

зам. гл. редактора: к.г.н. Д.М. Фетисов; ответственный секретарь: к.г.н. Е.В. Стельмах;
члены редколлегии: к.г.н. А.В. Аношкин, акад. РАН П.Я. Бакланов, чл.-корр. РАН Б.А. Воронов,
д.э.н. Н.В. Гальцева, к.б.н. Е.А. Григорьева, к.э.н. В.С. Гуревич, д.ф.-м.н. О.Л. Жданова,
акад. РАН Ю.Н. Журавлёв, к.г.н. В.Б. Калманова, к.г.н. Т.М. Комарова, д.г.н. Б.А. Красноярова,
д.г.н. З.Г. Мирзеханова, к.э.н. С.Н. Мишук, д.г.н. А.В. Мошков, д.э.н. С.Н. Леонов, к.б.н. Т.А. Рубцова,
к.с.н. С.А. Соловченко, д.э.н. С.А. Сукнёва, д.п.н. Б.Е. Фишман, д.б.н. Л.В. Фрисман, д.ф.н. А.М. Шкуркин,
д.э.н. А.Г. Шеломенцев, проф. Алтэн-Аоцир, проф. Ван Цзюанлэ, проф. Син Гуанчэн

*Научный журнал «Региональные проблемы» зарегистрирован Федеральной службой по надзору
в сфере связи информационных технологий и массовых коммуникаций 1 апреля 2019 г. ЭЛ № ФС77-75434*

С а й т ж у р н а л а: **regional-problems.ru, региональныепроблемы.рф**

А д р е с р е д а к ц и и: 679016, г. Биробиджан, ул. Шолом-Алейхема, 4
ИКАРП ДВО РАН, тел./факс: 8(42622) 4-15-71, 6-00-97, <http://икарп.рф>
E-mail: **reg.probl@yandex.ru**

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОЛОГИЯ. БИОЛОГИЯ	3
Макаренко В.П., Фетисов Д.М., Жучков Д.В. <i>Изучение растительного покрова малых и средних городов России: современное состояние</i>	3
Тальских А.И., Копанина А.В., Власова И.И. <i>Структурные особенности коры однолетнего стебля <i>Betula ertmanii</i> Chat. под воздействием газо-гидротермальных выходов вулкана Баранского</i>	16
Власова И.И., Копанина А.В., Тальских А.И., Вацерионова Е.О. <i>Особенности мацерации коры древесных растений</i>	31
Игнатенко Е.В. <i>Охрана диких пчёл в заповедниках и национальных парках юга Дальнего Востока России</i>	44
ГЕОЭКОЛОГИЯ	49
Соколова Г.В. <i>Статистический анализ водного режима реки Амур для целей прогноза</i>	49
Скрыльник Г.П. <i>Геосистемы и пространственно-временные черты их развития (на примере российского Дальнего Востока)</i>	62

© ИКАРП ДВО РАН, 2022

REGIONAL PROBLEMS

Institute for Complex Analysis
of Regional Problems
Far Eastern Branch
Russian Academy of Sciences

Volume 25 Number 1
2022

Established in 1995
Published 4 times a year
ISSN 2618-9593

CONTENTS

ECOLOGICAL. BIOLOGY	3
Makarenko V.P., Fetisov D.M., Zhuchkov D.V. <i>Study of small and medium-size towns vegetation in Russia: current state</i>	3
Talskikh A.I., Kopanina A.V., Vlasova I.I. <i>Structural features in the bark of the annual stem <i>Betula ermanii</i> Cham, exposed to the Baransky volcano hydrothermal gases and fluids</i>	16
Vlasova I.I., Kopanina A.V., Talskikh A.I., Vatserionova E.O. <i>Features of the of woody plants bark maceration</i>	31
Ignatenko E.V. <i>Protection of wild bees in reserves and national parks in the south of the Russian Far East</i>	44
GEOECOLOGY	49
Sokolova G.V. <i>Statistical analysis of the Amur River water regime forecast</i>	49
Skrylnik G.P. <i>Geosystems and space-time features of their development (on the example of the Russian Far East)</i>	62

© ICARP FEB RAS, 2022

Электронная верстка *Г.В. Матвейчикова*
Перевод *А.Л. Воронина*

*Системные требования: PC не ниже класса Pentium III; 256 Mb RAM;
свободное место на HDD 32 Mb; Windows 98/XP/7/10; Adobe Acrobat Reader;
дисковод CD-ROM 2X и выше; мышь*

Объем данных (17 427 Кб)
Дата размещения на сайте: 30.03.2022 г.
Дата подписания к использованию: 28.03.2022 г.

ЭКОЛОГИЯ. БИОЛОГИЯ

УДК 581.9:581.5(470)

ИЗУЧЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА МАЛЫХ И СРЕДНИХ ГОРОДОВ РОССИИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

В.П. Макаренко¹, Д.М. Фетисов², Д.В. Жучков^{1,2}

¹Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема,
ул. Широкая 70А, г. Биробиджан, 679015,
e-mail: vera.makarenko.54@mail.ru;

²Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,
ул. Шолом-Алейхема 4, г. Биробиджан, 679016,
e-mail: dfetisov@gmail.com, dmitriy.zhuchkov.2000@mail.ru

В обзорной статье проведен анализ публикаций за последние 10 лет, содержание которых связано с изучением растительного покрова малых и средних городов России. Выявлены основные актуальные направления, по которым в настоящее время проводятся исследования: изучение урбанофлоры, анализ состояния зеленых насаждений, оценка состояния растительного покрова как индикатора качества городской среды (биоиндикация), подбор ассортимента древесных растений для озеленения городов и интродукция видов, особенности озеленения городов в разных природных условиях, формирование экологического каркаса городов.

Определено, что исследования растительного покрова малых и средних городов в России фрагментарны. Большинство регионов подобными работами не охвачено. Преобладают эмпирические исследования, ориентированные на описание состояния растительного покрова отдельных городов. Комплексные изыскания единичны. В основном используются инвентаризационные методы исследований. В публикациях отсутствуют материалы, в том числе картографические, по растительности малых и средних городов, нет ретроспективного анализа трансформации их урбанофлор и растительности. Авторами большей части публикаций отмечено преобладание в состоянии зеленых насаждений малых и средних городов страны унаследованных проблем, связанных со стихийностью формирования планировочной структуры, пренебрежением экологическими факторами в советский период при планировании городской застройки и размещении промышленных предприятий, отсутствием программ развития зеленых насаждений в городах, восприятием зеленых насаждений в качестве элемента благоустройства, а не экологически значимого фактора городской среды.

Ключевые слова: малые города, средние города, урбозкосистема, зеленые насаждения, озеленение городов, урбанофлора, растительный покров.

Образец цитирования: Макаренко В.П., Фетисов Д.М., Жучков Д.В. Изучение растительного покрова малых и средних городов России: современное состояние // Региональные проблемы. 2022. Т. 25, № 1. С. 3–15. DOI: 10.31433/2618-9593-2022-25-1-3-15.

Введение

По данным на январь 2021 года, Россия является урбанизированной страной, почти 75% ее населения сосредоточено в городах [58]. Большинство городского населения страны проживает в больших городах, однако численно преобладают малые и средние городские населенные пункты – 943 из 1114 [50]. В 2018 г. число малых городов составляло 789, средних – 154. Они яв-

ляются важными структурно-функциональными элементами общей системы расселения страны. Особенно ярко значение малых и средних городов проявляется в регионах нового освоения, характеризующихся слабой заселенностью, очаговостью или дисперсностью в пространственном распределении населения. Возникшие в условиях советского форсированного индустриального освоения регионов Сибири, российского Дальнего Востока,

они являются главными, а порой единственными центрами расселения в окружении неосвоенных пространств [51].

В последние десятилетия, исходя из одобренной большинством международного сообщества стратегии перехода к устойчивому развитию, города стали объектами исследования как геоэко-социосистемы [26]. С этих позиций определяется особая роль природных компонентов этих систем, их вклада в формирование комфортной городской среды [24, 37, 42]. В научной литературе преобладают публикации, посвященные изучению крупных городов, в которых проживает большая часть горожан страны и которые часто характеризуются напряженной экологической ситуацией. Судя по публикациям, исследованием растительного покрова охвачено небольшое количество малых и средних городов. Более изученной является европейская часть России. Для регионов Сибири и Дальнего Востока информация представлена только по отдельным, в основном крупным городам, являющимся административными центрами [57].

Целью данной работы является обзор и анализ основных результатов отечественных исследований растительного покрова малых и средних городов России на современном этапе.

Материалы и методы исследования

Материалами для анализа стали российские научные публикации за период с 2010 по 2021 гг. Для доступа к ним использовались научные библиотеки eLIBRARY, КиберЛенинка, а также ReserchGate. Ключевыми словами для поиска публикаций были «малые города», «средний город», «зеленые насаждения», «озеленение», «дендрофлора», «урбанофлора», «растительность», «растительный покров», «зеленый каркас», «экологический каркас». Всего было найдено более 100 публикаций, из которых теме исследования соответствовали 60.

В работе использовалась классификация городов по численности населения, в которой малым городом считается населенный пункт с населением до 50 тыс. чел., а средним – от 50 до 100 тыс. чел. [27].

Результаты

Анализ публикаций показал, что в настоящее время исследования, связанные с изучением растительного покрова малых и средних российских городов, ведутся по нескольким направлениям.

1. *Изучение урбанофлоры.* В отечественной науке все еще остается дискуссионным использование терминов «флора урбанизированной территории», «урбанофлора», «городская флора»,

«флора города». Подробный анализ их применения выполнен в работе А.С. Третьяковой с соавторами [57]. Приведены различные трактовки этих терминов, а также отмечено, что большинство исследователей рассматривают вышеперечисленные термины в качестве синонимов. Под городской флорой подразумевается совокупность всех видов сосудистых растений населенного пункта, которые проходят весь жизненный цикл или его начальную часть без вмешательства человека [4, 57]. Причиной дискуссии вокруг понятия «урбанофлора» является то, что границы города не рассматриваются авторами в качестве границ локальной флоры.

Необходимость изучения урбанофлор не только малых и средних, но и крупных городов России на сегодняшний день остается актуальной. Более изученной является урбанофлора европейской части России, менее изученной – территории Сибири и Дальнего Востока [58]. За рассматриваемый период была опубликована информация об урбанофлоре более 20 российских малых и средних городов (табл.) [4, 5, 10, 11, 18, 20, 24, 28, 53, 54, 62]. Их флора включает от 142 до 672 видов сосудистых растений. Отмечено, что видовой состав урбанофлоры представлен в большинстве аборигенными видами. Чаще всего исследователи, описывая состав городских насаждений, останавливаются на биоморфологической структуре, характеристике экологических групп растений, соотношении аборигенных и заносных видов [4, 5, 7, 16, 54].

В публикациях не выявлено связи специфики урбанофлоры города с общей численностью населения и площадью города. Ряд авторов отмечает, что распределение зеленых насаждений по территории города связано с историей образования каждого городского района [13]. Древесными насаждениями выполняются ключевые экологические функции, в связи с этим многие работы посвящены изучению исключительно дендрофлоры городов (табл.) [2, 3, 7, 14, 24, 29, 42, 45]. В них приводится анализ исторических аспектов ее формирования на территории населенных пунктов, ее видовой состав, а также тенденции трансформации. В списки видовой состава древесных насаждений малых и средних городов входит от 14 до 70 видов деревьев, кустарников – от 5 до 49 видов [2, 3, 7, 13, 14, 18, 24, 25, 28, 29, 32, 45, 49].

2. *Анализ состояния зеленых насаждений.* Городские зеленые насаждения являются обязательным элементом городского ландшафта независимо от категории городов. Их классификация

Направления исследований	Малые и средние города
1. Изучение урбанофлоры, в том числе: дендрофлоры	Борисоглебск (Воронежская область); Родники, Вичуга, Пучеж, Юрьевец, Кинешма, Приволжск и др. (Ивановская область); Вытерга (Вологодская область); Ишимбай, Янаул, Мелеуз (Республика Башкортостан); Никольск (Пензенская область); Жигулевск (Самарская область); Новульяновск, Сенгилей (Ульяновская область); Черногорск (Республика Хакасия); Сосновоборск (Красноярский край); Биробиджан (Еврейская автономная область). Кинешма (Ивановская область); Дубна (Московская область); Котлас (Архангельская область); Сокол, Белозерск (Вологодская область); Феодосия, Белогорск (Республика Крым); Нижняя Салда (Свердловская область); Ишим (Тюменская область); Биробиджан (Еврейская автономная область).
2. Анализ состояния зеленых насаждений	Лебедянь, Задонск, Грязи (Липецкая область); Дубна (Московская область); Краснопереконск (Республика Крым); Котельниково, Калач-на-Дону, Октябрьский (Волгоградская область); Рузаевка (Республика Мордовия); Хвалынский, Балтай, Балашов, Калининск (Саратовская область); Черногорск (Республика Хакасия); Лесосибирск (Красноярский край); Усолье-Сибирское, Шелехов (Иркутская область); Биробиджан (Еврейская автономная область).
3. Оценка состояния растительного покрова как индикатора качества городской среды (биоиндикация)	Багратионовск, Полесск, Пионерский, Неман (Калининградская область); Дубна (Московская область); Кировск (Мурманская область); Шелехов, Усолье-Сибирское (Иркутская область); Биробиджан (Еврейская автономная область).
4. Подбор ассортимента древесных растений для озеленения городов; интродукция видов	Кинешма (Ивановская область); Дубна (Московская область); Белогорск, Грязовец, Кадников, Великий Устюг, Сокол, Кириллов (Вологодская область); Жигулевск (Самарская область); Новоульяновск, Сенгилей (Ульяновская область); Биробиджан (Еврейская автономная область); Магадан (Магаданская область).
5. Особенности озеленения городов в разных природных условиях	Сокол (Вологодская область); Калач-на-Дону, Котельниково, Суровикино, Октябрьский (Волгоградская область); Надым (Ямало-Ненецкий автономный округ).
6. Формирование экологического каркаса городов	Новый Оскол, Шебекино, Ракитное, Бирюч (Белгородская область); Белогорск (Республика Крым); Саров (Нижегородская область); Биробиджан (Еврейская автономная область).

закреплена в действующем ГОСТ 28329-89 «Озеленение городов. Термины и определения». Исследования пространственной структуры зеленых насаждений в малых и средних городах, их состава и структуры, а также состояния активно проводятся экологами, как правило, с применением типовых методик определения жизненного состояния деревьев [8, 20, 24, 31, 32, 36, 38, 41]. Кроме того, выполняется оценка соответствия площади зеленых насаждений требованиям, заложенным в СП 42.13330.2016 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений».

При исследовании зеленых насаждений актуальным стало применение современных геоинформационных методов и данных дистанционного зондирования Земли. Свободно доступны мультиспектральные продукты со средним (Landsat-8) и высоким (Sentinel-2) пространственным разрешением, позволяющие машинным способом выделять массивы зеленых насаждений в пределах городов, оценивать их состояние, разреженность, изменение площади по годам, выявлять незаконные рубки. Для изучения озелененности в городе используются показатели активности вегетации

растительности. Из них наиболее популярным является нормализованный относительный индекс растительности (NDVI).

Оценка состояния зеленых насаждений в отдельных малых и средних городах – г. Лесосибирск (Красноярский край), г. Рузаевка (Республика Мордовия), Черногорск (Республика Хакасия), г. Биробиджан (Еврейская автономная область), выполненная с применением мультиспектральных данных и полевых работ, показала, что общим для всех городов является несоответствие уровня их озеленения принятым нормам [12, 22, 28, 30–33, 39, 59, 63]. Использование геоинформационных систем позволило оценить площади зеленых насаждений в указанных городах, определить межгодовую (г. Рузаевка) и сезонную (г. Черногорск) динамику растительного покрова, создать дендрологический план г. Лесосибирска с указанием каждого дерева, его породы, расположения и характеристик, включая санитарное состояние (опасные или требующие срочной рубки) [12, 63].

Отмечается сокращение площади зеленых насаждений в малых и средних городах, обозначается актуальность определения новых, ранее не использованных участков для проведения озеленительных работ, необходимость реконструкции или полной замены насаждений возрастом 40–60 лет и старше, преобладающих во многих малых и средних городах [6, 8, 14, 31, 32, 42, 43, 52]. Причины этого связаны с историей формирования территории города. Пространственная структура застройки многих малых и средних городов формировалась в основном еще до появления экологических требований к ее проектированию. Во многих малых и средних городах концептуальные системы озеленения до сих пор отсутствуют. Причем это наблюдается как в относительно молодых городах (основанных менее 100 лет назад), так и имеющих более длительную историю развития [17, 25, 29, 32, 33, 45, 49, 56].

Состояние зеленых насаждений городов напрямую влияет на выполнение ими их функций. Этот аспект достаточно хорошо изучен специалистами. Растения включаются в регуляцию состава атмосферного воздуха, его теплового режима, влажности, скорости движения (защита от ветра), поглощают пыль и шум. Многие виды растений, выделяя фитонциды, обладают бактерицидным, инсектицидным и фунгицидным действием. Зеленые насаждения повышают эстетическую привлекательность, способствуют воспитанию чувства красоты. В целом функции растительного покрова в городе объединяют в две большие группы: сани-

тарно-гигиенические и декоративно-планировочные [64]; часто их дополняют рекреационной [50]. Число современных публикаций, затрагивающих вопросы качества выполнения функций зелеными насаждениями в городской среде, невелико. Специалисты отмечают, что недостаток площадей зеленых насаждений различных категорий в малых и средних городах (особенно при тенденциях сокращения их площади) не позволяет им оптимально выполнять экологические функции. Обращает на себя внимание факт наличия в городских насаждениях большого количества экземпляров растений в неудовлетворительном состоянии, требующих ухода или полной замены [8, 36, 43, 48, 59].

3. *Оценка состояния растительного покрова как индикатора качества городской среды (биоиндикация).* Различия в величине пределов толерантности по отношению к антропогенному воздействию позволяют использовать деревья в качестве биоиндикаторов. Опыт исследований на территории городов Калининградской и Еврейской автономной областей показывает, что хорошими биоиндикационными свойствами обладают из лиственных пород: береза повислая (*Betula pendula* Roth.) и плосколистная (*Betula platyphylla* Sukacz.), из хвойных – ель сибирская (*Picea obovate* Ledeb.) и сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) [32, 44, 55]. На территории современных малых и средних городов представлены разнообразные стационарные и передвижные источники загрязнений, негативно влияющие на качество городской среды. Для целого ряда городов (табл.) определено, что ухудшение состояния как хвойного, так и лиственного древостоя напрямую зависит от близости автомобильных магистралей и промышленных объектов. В результате негативного воздействия у растений наблюдается появление некрозов листьев, сокращение продолжительности их жизни, повышение уровня дефолиации [1, 15, 24, 32, 36].

Одним из индикаторов степени отклонения состояния атмосферного воздуха от нормы, применяемым при изучении малых и средних городов, является флуктуирующая асимметрия (ФА) листьев деревьев. В частности, для г. Биробиджана было установлено, что ФА листьев березы плосколистной (*Betula platyphylla* Sukacz.), произрастающей вдоль основных транспортных магистралей и в зоне влияния объектов энергетики, позволяет оценить качество атмосферного воздуха как «критическое отклонение» и «существенное отклонение» от нормы [44]. Схожие исследования

проводились в малых городах Калининградской области [55]. По ФА листьев березы повислой (*Betula pendula* Roth.) было выявлено критическое состояние среды в г. Багратионовске, который является региональным транспортным узлом, и нормальное состояние в непромышленных городах (гг. Полесск, Неман, Пионерский) [55].

4. *Подбор ассортимента древесных растений для озеленения городов; интродукция видов.* Для искусственных посадок в малых и средних городах подбор ассортимента древесных насаждений осуществляется в основном за счет представителей аборигенной флоры. По мнению ряда авторов, рационально увеличение числа видов-интродуцентов в озеленении городов по отношению к аборигенным видам [2, 6, 21, 53, 61]. Отмечается, что их внедрение должно способствовать повышению биологического разнообразия в городе, повышению качества экологических функций за счет стресс-способностей новых видов к антропогенному воздействию в городской среде. Отрицательной стороной применения интродуцентов при формировании городских зеленых насаждений является потенциальное уменьшение числа местных видов [13]. Анализ научных публикаций позволил нам выделить единственный город (г. Дубна, Московская область), в котором отмечено господствующее положение интродуцентов над представителями аборигенной флоры (96 видов интродуцентов из 150 видов дендрофлоры) [13]. Ведется изучение возможности интродукции видов в малых городах европейского севера России (сосна скрученная (*Pinus contorta* Douglas ex Loudon.), курильский чай (*Dasiphora fruticosa* (L.) O. Schwarz.)) [2, 6], Поволжья (сосна Веймутова (*Pinus strobus* L.), псевдотсуга Мензиса (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco.)) [21, 54], Дальнего Востока (тополь пирамидальный (*Populus nigra* var. *italica* Münchh.)) [32, 46, 47]

Процесс использования интродуцентов для озеленения городов предполагает учет адаптивных характеристик видов. Публикаций, связанных с изучением приживаемости интродуцентов в новых местах произрастания, очень мало [6, 60]. В этой связи отмечается важность обобщения опыта дендрологических парков по интродукции различных видов растений, обосновывается необходимость создания в городах дендропарков или ботанических садов, которые могли бы наряду с другими функциями исследовать виды-интродуценты для последующего внедрения их в систему озеленения города [9, 16, 60, 61].

5. *Особенности озеленения городов в разных*

природных условиях. На формирование зеленых насаждений и их состояние оказывает влияние целый комплекс факторов. Актуальным остается исследование растительного покрова малых и средних городов, расположенных в относительно сложных природных условиях. Интересны в этом плане результаты работ по европейскому северу России, северу Сибири, а также засушливым регионам [2, 3, 6, 39–41, 52]. Однако эти данные фрагментарны и не позволяют сделать обобщенных выводов. Дендрофлора малых и средних городов в северной части страны бедна. Например, в парках г. Сокола Вологодской области выявлено только девять видов деревьев, которые относятся к шести семействам [2, 3]. На состояние деревьев сильное влияние оказывает суровый климат, на стволах специалисты фиксируют наличие морозобойных трещин. Однако повреждение стволов, возможно, не является повсеместным явлением на севере. Например, в г. Надыме (Ямало-Ненецкий автономный округ) только 2% деревьев находится в неудовлетворительном состоянии [41].

Оценка состояния растительного покрова малых и средних городов в регионах с засушливым климатом в последние годы была проведена в Волгоградской области [38, 39, 53]. Было определено, что в малых городах этого региона площадь зеленых насаждений на одного жителя превышает закрепленные законодательством нормы. Их размещение напрямую связано с функциональным зонированием городов. Однако выявлены тенденции сокращения площади зеленых насаждений, отмечена бедность их ассортимента и неудовлетворительное санитарное состояние древесных насаждений.

6. *Формирование экологического каркаса городов.* Одним из вариантов оптимизации территориального планирования городов является широко принятая специалистами концепция экологического каркаса. Он представляет собой комплекс важнейших, ранжированных по режимам использования, средорегулирующих и средоформирующих природных и природно-антропогенных геосистем, объединенных в единую структуру, которая обеспечивает экологическую устойчивость развития территории и сохранения ландшафтного разнообразия [34]. В последнее десятилетие исследователи ведут работы по составлению схем экологического каркаса малых и средних городов России или зеленого каркаса, который является составной частью экологического, но объединяет только зеленые насаждения городских территорий [17, 23, 49, 56]. Как правило, в качестве ядер в со-

став экологического каркаса включают охраняемые и особо охраняемые природные территории, расположенные в пределах городской территории. Узлами (площадными элементами) становятся городские леса, парки, скверы и другие крупные массивы зеленых насаждений. Линейными объектами (экологическими коридорами) являются долины рек, на берегах которых расположены города, бульвары, зеленые насаждения на газонах вдоль главных дорог. Из шести опубликованных схем экологического каркаса малых и средних городов только у г. Биробиджана (Еврейская автономная область) предусмотрена иерархия структурных элементов. Кроме того, на примере этого города, а также г. Белогорска (Республика Крым) отмечается необходимость связывания экологического каркаса городской территории с пригородными лесами [23, 49]. Открытым на сегодня остается вопрос, насколько экологический каркас может обеспечить экологическую устойчивость города как сильно трансформированной антропогенной геосистемы.

Заключение

Было выявлено, что отечественные исследования растительного покрова малых и средних городов ведутся по нескольким направлениям. В данной работе проанализированы основные: изучение урбанофлоры, анализ состояния зеленых насаждений, оценка состояния растительного покрова как индикатора качества городской среды (биоиндикация), подбор ассортимента древесных растений для озеленения городов и интродукция видов, особенности озеленения городов в разных природных условиях, формирование экологического каркаса городов. Помимо них приводятся практические рекомендации по оптимизации зеленых насаждений, результаты функционального и планировочно-функционального зонирования городов. В публикациях отсутствуют или недоступны в свободном использовании материалы, в том числе картографические, о растительности малых и средних городов, нет ретроспективного анализа трансформации их урбанофлор и растительности.

Исследования растительного покрова малых и средних городов в России фрагментарны. Большинство регионов подобными работами не охвачено. Очень слабо изучены города азиатской части России. Комплексные исследования, посвященные одному городу, единичны. Преобладают эмпирические изыскания, ориентированные на оценку и описание состояния растительного покрова отдельных городов. Возможные причины такой ситуации связаны с локальным характером

данных работ (восприятие их в качестве мелко-темья), преобладанием прикладного значения результатов над теоретическим. Изучение растительного покрова малых и средних городов осуществляется по аналогичным алгоритмам и подходам, используемым в исследованиях больших городов. Преобладают инвентаризационные методы исследований.

Авторы большинства публикаций отмечают преобладание унаследованных проблем в состоянии зеленых насаждений малых и средних городов страны, которые связаны со стихийностью формирования планировочной структуры, пренебрежением экологическими факторами в советский период при планировании городской застройки и размещении промышленных предприятий. Кроме того, сказывается отсутствие программ развития зеленых насаждений в городах, а также восприятие зеленых насаждений в качестве элемента благоустройства, а не экологически значимого фактора городской среды.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Александрова Е.Ю., Троценко А.А. Оценка качества окружающей среды в городе Кировск (Мурманская область) по состоянию хвой ели сибирской // Самарский научный вестник. 2020. Т. 9, № 3. С. 10–14. DOI: 10.17816/snvt202093101.
2. Андропова М.М. Зимостойкость и морозоустойчивость древесных видов в антропогенной среде Европейского Севера России // Успехи современного естествознания. 2018. № 5. С. 26–32.
3. Андропова М.М. Таксономический состав и систематическая структура дендрофлоры г. Белозерска // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2016. № 4 (352). С. 54–60.
4. Антипова С.В., Антипова Е.М. Урбанофлора города Красноярска (сосудистые растения). Красноярск: КГПУ им. В.П. Астафьева, 2016. 372 с.
5. Антипова Е.М., Кулешова Ю.В. Флора малых городов на примере г. Сосновоборска (Красноярский край, юг средней Сибири) // Флора и растительность Сибири и Дальнего Востока / отв. ред. Е.М. Антипова. Красноярск: КГПУ им. В.П. Астафьева, 2016. С. 58–85.
6. Бабич Н.А., Андропова М.М. Сосна скрученная – перспективный интродуцент для озеленения малых северных городов // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2014. № 6 (342). С. 155–160.

7. Борисова Е.А. Дендрофлора города Кинешмы Ивановской области // Вестник Ивановского государственного университета. Серия: Естественные, общественные науки. 2016. № 2. С. 5–10.
8. Бухарина И.Л., Журавлева А.Н., Большова О.Г. Городские насаждения: экологический аспект: монография. Ижевск: Удмуртский университет, 2012. 206 с.
9. Власенко В.Э., Дорофеева Л.М., Яковлева С.В. Дендропарк-выставка как рефугиум живой природы города Екатеринбурга // Аграрный вестник Урала. 2010. № 1 (67). С. 66–69.
10. Голованов Я.М., Абрамова Л.М. Флора города Ишимбай (Республика Башкортостан) // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2014. Т. 8, № 2. С. 14–56.
11. Голованов Я.М., Абрамова Л.М. Флора города Мелеуз (Республика Башкортостан) // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2014. Т. 8, № 1. С. 79–120.
12. Горяева Е.В., Мохирев А.П. Инвентаризация зеленых насаждений с использованием ГИС-технологий на примере города Лесосибирска // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2015. № 2 (344). С. 80–89.
13. Дейнега Е.А., Алексеев Ю.Е., Жмылев П.Ю., Карпухина Е.А. Дендрофлора наукограда Дубна: разнообразие и однообразие // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2014. № 2. С. 14–24.
14. Дейнега Е.А., Жмылев П.Ю. Озеленение г. Дубна: общая оценка // Евразийский союз ученых. 2015. № 4–10 (13). С. 14–16.
15. Дейнега Е.А., Савватеева О.А. Экспресс-контроль антропогенной трансформации городских экосистем методами биоиндикации хвойных пород // Фундаментальные исследования. 2012. № 5–2. С. 407–411.
16. Докучаева В.Б. Биоморфологическое разнообразие деревьев и кустарников, используемых в озеленении г. Магадана // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2010. № 25. С. 140–145.
17. Ермохин А.А. Оценка экологического каркаса города Сарова // Globus. 2020. № 6 (52). С. 5–8.
18. Завидовская Т.С. Флора города Борисоглебска // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2010. № 3. С. 192–198.
19. Исаева Л.Г., Химич Ю.Р. Оценка состояния зеленых насаждений города Мончегорска (Мурманская области) // Труды Кольского научного центра РАН. 2020. Т. 11, № 2–8 (8). С. 168–179.
20. Истомина Е.Ю. Материал к флоре города Никольска (Пензенская область) // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2010. Т. 19, № 4. С. 136–141.
21. Карасев В.Н., Карасева М.А., Серебрякова Н.Е., Лазарева С.М. Эколого-физиологическая оценка адаптации хвойных интродуцентов в Среднем Поволжье // Вестник ПГТУ. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2014. № 4 (24). С. 55–66.
22. Калманова В.Б. Анализ формирования зеленого каркаса в планировочной структуре г. Биробиджана // Региональные проблемы. 2019. Т. 22, № 3. С. 70–77.
23. Калманова В.Б. Экологический каркас урбанизированных территорий (на примере города Биробиджана) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18, № 2 (2). С. 385–388.
24. Калманова В.Б. Экологическое состояние дендрофлоры как показатель качества городской среды (на примере г. Биробиджана) // Региональные проблемы. 2013. Т. 16, № 1. С. 79–86.
25. Коростелева В.В. Проблемы озеленения «зеленых мест общего пользования» малых городов России на примере города Камышин // Ландшафтная архитектура, строительство и обработка древесины. СПб.: СПбГЛТУ им. С.М. Кирова, 2020. С. 291–296.
26. Кочуров Б.И. Экодиагностика и сбалансированное развитие. М.; Смоленск: Маджента, 2003. 384 с.
27. Лаппо Г.М. Города России. Взгляд Географа. М.: Новый хронограф, 2012. 504 с.
28. Лещинская М.А., Луганова Е.Г., Жукова Е.Ю. Структурные и функциональные характеристики зеленых зон г. Черногорска (Хакасия) на основе наземных и спутниковых данных // Вестник КрасГАУ. 2018. № 2 (137). С. 183–188.
29. Луганская С.Н., Вишнякова С.В., Аткина Л.И. Особенности озеленения улиц с многоэтажной застройкой в г. Нижняя Салда Свердловской области // Пермский аграрный вестник. 2016. № 4 (16). С. 41–47.
30. Макаренко В.П., Жучков Д.В. К вопросу о нормировании зеленых насаждений в городе // Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема. 2021. № 4 (45). С. 75–81.
31. Макаренко В.П., Жучков Д.В. Проблема озеленения города Биробиджана // Современная

- наука: традиции и инновации. Волгоград: НИЦ «Абсолют», 2020. С. 12–16.
32. Макаренко В.П., Жучков Д.В. Современная структура и состояние древесных насаждений города Биробиджана // Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема. 2021. № 3 (44). С. 75–84.
 33. Макаренко В.П., Жучков Д.В. Требования к озеленению урбосистем // Трансграничное сотрудничество в области экологической безопасности и охраны окружающей среды. Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2020. С. 446–452.
 34. Минина Е.А. Основные тенденции развития урбанизации населения в России // Студенчество – Инновации – Экономика современной России: сб. материалов межрегион. студен. науч. конф. по итогам НИР за 2016 год. Йошкар-Ола: МарГУ, 2017. С. 88–90.
 35. Мирзеханова З.Г. Экологический каркас территории в стратегии устойчивого развития: анализ подходов, назначение, содержание // География и природные ресурсы. 2001. № 2. С. 154–158.
 36. Михайлова Т.А., Шергина О.В. Экологические критерии для расчета площади зеленых насаждений в промышленных городах // Успехи современного естествознания. 2015. № 6. С. 123–128.
 37. Морозова Г.Ю., Дебелая Г.Ю. Зеленая инфраструктура как фактор обеспечения устойчивого развития Хабаровска // Экономика региона. 2018. Т. 14, № 2. С. 562–574.
 38. Мурашова А.В., Волкова А.И. Оценка состояния зеленых насаждений центральной части города Саяногорска Республики Хакасия // Экология Южной Сибири и сопредельных территорий. Абакан: ХГУ им. Н.Ф. Катанова, 2016. С. 124–125.
 39. Ноянова Н.Г., Семенютина А.В. Актуальные задачи озеленения малых городов Волгоградской области // Международный студенческий научный вестник. 2015. № 2–3. С. 367–369.
 40. Ноянова Н.Г., Курманов Н.В. Подбор ассортимента для озеленения малых городов с учетом эдафических условий // Ландшафтная архитектура и природообустройство: от проекта до экономики – 2018: материалы междунар. науч.-техн. конф. / под ред. О.Б. Сокольской, И.Л. Воротникова. Саратов: ООО «ЦеСАин СГАУ», 2018. С. 105–110.
 41. Печкин А.С., Печкина Ю.А., Красненко А.С. Зеленые насаждения главных улиц города Навыма // Урбоэкосистемы: проблемы и перспективы развития: сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф. Ишим: ИПИ им. П.П. Ершова (филиал) ТюмГУ, 2018. С. 117–119.
 42. Потапенко И.Л. Современное состояние зеленых насаждений городов и поселков Феодосийского региона // Труды междисциплинарной научно-практической конференции «Феодосийские научные чтения», 2017. № 4. С. 173–177.
 43. Потемкина Н.В., Шевчук Н.В. Результаты изучения озеленения города Красноперекоска Республики Крым // Экосистемы. 2015. № 2 (32). С. 74–80.
 44. Ревуцкая И.Л., Шакиров В.Ф. Изучение асимметрии листьев березы плосколистной (*Betula platyphilla*) для оценки качества среды в городе Биробиджане // Архитектура многополярного мира в XXI веке: экология, экономика, геополитика, культура и образование: сб. материалов IV Междунар. науч.-практ. конф. Биробиджан: ПГУ им. Шолом-Алейхема, 2019. С. 32–35.
 45. Репецкая А.И., Савушкина И.Г., Колосюк Е.С. Культивируемая дендрофлора г. Белогорска (Республика Крым) // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2015. Т. 1 (67), № 2. С. 143–155.
 46. Рубцова Т.А. Деревья, кустарники, лианы Еврейской автономной области и их использование в озеленении. Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 2021. 181 с.
 47. Рубцова Т.А., Калинин А.Ю. Особо охраняемые природные территории Еврейской автономной области: состояние и перспективы развития. Владивосток: Дальнаука, 2011. 139 с.
 48. Рычков В.М. Благоустройство и озеленение малых городов России (на примере Луги) // I Лужские научные чтения. Современное научное знание: теория и практика / отв. ред. Т.В. Седлецкая. СПб.: ЛГУ им. А.С. Пушкина, 2013. С. 412–418.
 49. Савушкина И.Г., Колосюк Е.С. Зеленые насаждения города Белогорска (Республика Крым) как природный элемент экологического каркаса // Экосистемы. 2016. № 6 (36). С. 66–73.
 50. Санаев И.В. Роль зеленых насаждений в создании оптимальной городской среды // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2006. № 6. С. 71–76.
 51. Секушина И.А. Состояние социальной инфраструктуры малых и средних городов Респу-

- блики Коми // Социальное пространство. 2019. № 3 (20). С. 3. DOI: 10.15838/sa.2019.3.20.3.
52. Семенютина А.В., Ноянова Н.Г. Анализ и актуальные проблемы озеленения малых городов в засушливых условиях // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 2 (38). С. 76–80.
 53. Сенатор С.А., Баранова О.Г. Сравнительный анализ флор городов Среднего Поволжья // Вестник Удмуртского университета. Серия: Биология. Науки о Земле. 2013. Вып. 4. С. 37–46.
 54. Сениюшкина И.В. Особенности экологической структуры флоры малых городов Ивановской области // Экология урбанизированных территорий. 2014. № 4. С. 81–84.
 55. Токарев Е.А. Биоиндикация качества атмосферного воздуха малых городов Калининградской области // Научный альманах. 2017. № 4–3 (30). С. 392–394. DOI: 10.17117/na.2017.04.03.392.
 56. Трибунцева К.М. Формирование экологического каркаса в малых городах Белгородской области // Научные технологии и инновации. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2016. С. 216–223.
 57. Трутъякова А.С., Баранова О.Г., Сенатор С.А. Урбанофлористика в России: современное состояние и перспективы // Turczaninowia. 2021. Т. 24, № 1. С. 125–144. DOI: 10.14258/turczaninowia.24.1.15.
 58. Федеральная служба государственной статистики: Демография. Численность и состав населения (витрины). URL: <https://rossstat.gov.ru/folder/12781?print=1> (дата обращения: 03.03.2022).
 59. Фетисов Д.М., Жучков Д.В., Горюхин М.В. Оценка уровня озеленения города Биробиджана с применением мультиспектральных данных // Биосфера. 2021. Т. 13, № 4. С. 170–179.
 60. Хорева М.Г. Об интродукционном потенциале декоративных растений в Магаданской области // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2018. Т. 5, № 2. С. 55–57.
 61. Чиндяева Л.Н., Беланова А.П., Киселева Т.И. Особенности естественного возобновления чужеродных видов древесных растений в условиях Новосибирска // Российский журнал биологических инвазий. 2018. Т. 11, № 2. С. 90–107.
 62. Чхобадзе А.Б., Филиппов Д.А. Материалы к флоре городов и районных центров Вологодской области: Вытегра // Успехи современного естествознания. 2015. № 3. С. 160–168.
 63. Шабайкина В.А., Ларина А.В., Саулин В.А. Оценка состояния системы озеленения г. Рузаевка с использованием многозональных космических снимков // Вектор ГеоНаук. 2020. Т. 3, № 3. С. 96–105.
 64. Экология города / отв. ред. Н.С. Касимов. М.: Научный мир, 2004. 624 с.
- REFERENCES:
1. Aleksandrova E.Yu., Trocenko A.A. Environmental quality assessment in the city of Kirovsk (Murmansk region) according to the condition of Siberian spruce needles. *Samarskij nauchnyj vestnik*, 2020, vol. 9, no. 3, pp. 10–14. (In Russ.). DOI: 10.17816/snv202093101.
 2. Andronova M.M. Winter hardiness and frost resistance of tree species in the anthropogenic environment of the European North of Russia. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, 2018, no. 5, pp. 26–32. (In Russ.).
 3. Andronova M.M. Taxonomic composition and systematic structure of the dendroflora of Belozersk. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal*, 2016, no. 4 (352), pp. 54–60. (In Russ.).
 4. Antipova S.V., Antipova E.M. *Urbanoflora goroda Krasnoyarska (sosudistye rasteniya)* (Urban flora of the city of Krasnoyarsk (vascular plants)). Krasnoyarsk: KSPU named after V.P. Astafyev, 2016. 372 p. (In Russ.).
 5. Antipova E.M., Kuleshova Yu.V. Flora of small towns on the example of Sosnovoborsk (Krasnoyarsk Territory, South of Central Siberia), in *Flora i rastitel'nost' Sibiri i Dal'nego Vostoka* (Flora and vegetation of Siberia and the Far East), Antipova E.M., ed. Krasnoyarsk: KSPU named after V.P. Astafyev, 2016. pp. 58–85. (In Russ.).
 6. Babich N.A., Andronova M.M. Twisted pine – a promising introducer for landscaping of small northern cities. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal*, 2014, no. 6 (342), pp. 155–160. (In Russ.).
 7. Borisova E.A. Dendroflora of the city of Kineshma, Ivanovo region. *Vestnik Ivanovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye, obshchestvennye nauki*, 2016, no. 2, pp. 5–10. (In Russ.).
 8. Buharina I.L., Zhuravleva A.N., Bolyshova O.G. *Gorodskie nasazhdeniya: ekologicheskij aspekt: monografiya* (Urban plantings: ecological aspect: monograph). Izhevsk: Udmurtskij universitet Publ., 2012. 206 p. (In Russ.).

9. Vlasenko V.E., Dorofeeva L.M., Yakovleva S.V. Arboretum-exhibition as a refuge of wildlife of the city of Yekaterinburg. *Agrarnyj vestnik Urala*, 2010, no. 1 (67), pp. 66–69. (In Russ.).
10. Golovanov Ya.M., Abramova L.M. Flora of the city of Ishimbai (Republic of Bashkortostan). *Fitoraznoobrazie Vostochnoj Evropy*, 2014, vol. 8, no. 2, pp. 14–56. (In Russ.).
11. Golovanov Ya.M., Abramova L.M. Flora of the city of Meleuz (Republic of Bashkortostan). *Fitoraznoobrazie Vostochnoj Evropy*, 2014, vol. 8, no. 1, pp. 79–120. (In Russ.).
12. Goryaeva E.V., Mohirev A.P. Inventory of green spaces using GIS technologies on the example of the city of Lesosibirsk. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal*, 2015, no. 2 (344), pp. 80–89. (In Russ.).
13. Deynega E.A., Alekseev Yu.E., Zhmylev P.Yu., Karpukhina E.A. Dendroflora of the science city of Dubna: diversity and monotony. *Vestnik Rossijskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*, 2014, no. 2, pp. 14–24. (In Russ.).
14. Deynega E.A., Zhmylev P.Y. Greening Dubna: a general assessment. *Evrazijskij soyuz uchenyh*, 2015, no. 4–10 (13), pp. 14–16. (In Russ.).
15. Deynega E.A., Savvateeva O.A. Express control of anthropogenic transformation of urban ecosystems by methods of bioindication of coniferous species. *Fundamental'nye issledovaniya*, 2012, no. 5–2, pp. 407–411. (In Russ.).
16. Dokuchaeva V.B. Biomorphological diversity of trees and shrubs used in landscaping of Magadan. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*, 2010, no. 25, pp. 140–145. (In Russ.).
17. Ermokhin A.A. Assessment of the ecological framework of the city of Sarov. *Globus*, 2020, no. 6 (52), pp. 5–8. (In Russ.).
18. Zavidovskaya T.S. Flora of the city of Borisoglebsk. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa - Lesnoj vestnik*, 2010, no. 3, pp. 192–198. (In Russ.).
19. Isaeva L.G., Khimich J.R. Assessment of green spaces in the city of Monchegorsk (Murmansk region). *Trudy Kol'skogo nauchnogo centra RAN*, 2020, vol. 11, no. 2–8 (8), pp. 168–179. (In Russ.).
20. Istomina E.Y. Material to the flora of the city of Nikolsk (Penza oblast). *Samarskaya Luka: problemy regional'noj i global'noj e'kologii*, 2010, vol. 19, no. 4, pp. 136–141. (In Russ.).
21. Karasev V.N., Karaseva M.A., Serebryakova N.E., Lazareva S.M. Ecological and physiological assessment of adaptation of coniferous introducents in the Middle Volga region. *Vestnik PGTU. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie*, 2014, no. 4 (24), pp. 55–66. (In Russ.).
22. Kalmanova V.B. Analysis of the formation of a green framework in the planning structure of Birobidzhan. *Regional'nye problemy*, 2019, vol. 22, no. 3, pp. 70–77. (In Russ.).
23. Kalmanova V.B. Ecological framework of urbanized territories (on the example of the city of Birobidzhan). *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk*, 2016, vol. 18, no. 2 (2), pp. 385–388. (In Russ.).
24. Kalmanova V.B. Ecological state of dendroflora as an indicator of the quality of the urban environment (on the example of Birobidzhan). *Regional'nye problemy*, 2013, vol. 16, no. 1, pp. 79–86. (In Russ.).
25. Korosteleva V.V. Problems of greening “green common areas” of small towns of Russia on the example of the city of Kamyshin, in *Landshaftnaya arhitektura, stroitel'stvo i obrabotka drevesiny* (Landscape architecture, construction and wood processing). Sankt-Peterburg: SPbSFTU named after S.M. Kirov, 2020, pp. 291–296. (In Russ.).
26. Kochurov B.I. *E'kodiagnostika i sbalansirovanoe razvitie* (Ecodiagnostics and balanced development). Moscow; Smolensk: Madzhenta Publ., 2003. 384 p.
27. Lappo G.M. *Goroda Rossii. Vzglyad Geografa* (Cities of Russia. View Geographers). Moscow: Novyj hronograf Publ., 2012. 504 p. (In Russ.).
28. Leshchinskaya M.A., Lagunova E.G., Zhukova E.Y. Structural and functional characteristics of the green zones of Chernogorsk (Khakassia) based on ground and satellite data. *Vestnik KrasGAU*, 2018, no. 2 (137), pp. 183–188. (In Russ.).
29. Luganskaya S.N., Vishnyakova S.V., Atkina L.I. Features of landscaping of streets with multi-storey buildings in Nizhny Salda, Sverdlovsk region. *Permskij agrarnyj vestnik*, 2016, no. 4 (16), pp. 41–47. (In Russ.).
30. Makarenko V.P., Zhuchkov D.V. On the issue of rationing of green spaces in the city. *Vestnik Primorskogo gosudarstvennogo universiteta im. Sholom-Alejhema*, 2021, no. 4 (45), pp. 75–81. (In Russ.).
31. Makarenko V.P., Zhuchkov D.V. The problem of greening the city of Birobidzhan, in *Sovremennaya nauka: tradicii i innovacii* (Modern science: traditions and innovations). Volgograd : SPC «Absolute», 2020, pp. 12–16. (In Russ.).
32. Makarenko V.P., Zhuchkov D.V. Modern struc-

- ture and condition of tree plantations of the city of Birobidzhan. *Vestnik Priamurskogo gosudarstvennogo universiteta im. Sholom-Alejhema*, 2021, no. 3 (44), pp. 75–84. (In Russ.).
33. Makarenko V.P., Zhuchkov D.V. Requirements for landscaping urban systems, in *Transgranichnoe sotrudnichestvo v oblasti ekologicheskoy bezopasnosti i ohrany okruzhayushchej sredy* (Cross-border cooperation in the field of environmental safety and environmental protection). Gomel: GSU named after F. Skaryna, 2020, pp. 446–452. (In Russ.).
 34. Minina E.A. The main trends in the development of urbanization of the population in Russia, in *Studentchestvo – Innovacii – Ekonomika sovremennoj Rossii* (Studentship – Innovation – The Economy of modern Russia). Yoshkar-Ola: MarSU, 2017, pp. 88–90. (In Russ.).
 35. Mirzekhanova Z.G. Ecological framework of the territory in the strategy of sustainable development: analysis of approaches, purpose, content. *Geografiya i prirodnye resursy*, 2001, no. 2, pp. 154–158. (In Russ.).
 36. Mikhailova T.A., Shergina O.V. Ecological criteria for calculating the area of green spaces in industrial cities. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, 2015, no. 6, pp. 123–128. (In Russ.).
 37. Morozova G.Yu., Debelaya I.D. Green infrastructure as a factor of ensuring the sustainable development of Khabarovsk. *Ekonomika regiona*, 2018, vol. 14, no. 2, pp. 562–574. (In Russ.).
 38. Murashova A.V., Volkova A.I. Assessment of the state of green spaces in the central part of the city of Sayanogorsk of the Republic of Khakassia, in *Ekologiya Yuzhnoj Sibiri i sopredel'nyh territorij* (Ecology of Southern Siberia and adjacent territories). Abakan: KhSU named after N.F. Katanov, 2016, pp. 124–125. (In Russ.).
 39. Noyanova N.G., Semenyutina A.V. Actual problems of landscaping of small towns of the Volgograd region. *Mezhdunarodnyj studencheskij nauchnyj vestnik*, 2015, no. 2–3, pp. 367–369. (In Russ.).
 40. Noyanova N.G., Kurmanov N.V. Selection of assortment for landscaping of small towns taking into account edaphic conditions, in *Landshaftnaya arhitektura i prirodoobustrojstvo: ot proekta do e'konomiki – 2018* (Landscape architecture and environmental management: from project to Economy – 2018). Saratov: LLC «CSA SSAU», 2018, pp. 105–110. (In Russ.).
 41. Pechkin A.S., Pechkina Yu.A., Krasnenko A.S. Green spaces of the main streets of the city of Nardym, in *Urboekosistemy: problemy i perspektivy razvitiya* (Urban ecosystems: problems and prospects of development). Ishim: IPI named after P.P. Ershov (branch) UTMN, 2018, pp. 117–119. (In Russ.).
 42. Potapenko I.L. Current status of green spaces of towns and villages of the Feodosiya region, in *Trudy mezhdisciplinarnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Feodosijskie nauchnye chteniya»* (Proceedings of the interdisciplinary scientific and practical conference «scientific Theodosia reading»), 2017, no. 4, pp. 173–177. (In Russ.).
 43. Potemkin N.V., Shevchuk N.V. The results of a study of the greening of the city Krasnoperekopsk of the Republic of Crimea. *Ekosistemy*, 2015, no. 2 (32), pp. 74–80. (In Russ.).
 44. Revutskaya I.L., Shakirov V.F. Studying the asymmetry of the leaves of the flat-leaved birch (*Betula platyphilla*) to assess the quality of the environment in the city of Birobidzhan, in *Arhitektura mnogopolyarnogo mira v XXI veke: ekologiya, ekonomika, geopolitika, kul'tura i obrazovanie* (Architecture of the multipolar world in the XXI century: ecology, economics, geopolitics, culture and education). Birobidzhan: PSU named after Sholom Aleichem, 2019, pp. 32–35. (In Russ.).
 45. Repetskaya A.I., Savushkina I.G., Kolosyuk E.S. Cultivated dendroflora of Belogorsk (Republic of Crimea). *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Biologiya. Himiya*, 2015, vol. 1 (67), no. 2, pp. 143–155. (In Russ.).
 46. Rubtsova T.A. *Derev'ya, kustarniki, liany Evrejskoj avtonomnoj oblasti i ix ispol'zovanie v ozelelenii* (Trees, shrubs, lianas of the Jewish Autonomous Region and their use in landscaping). Birobidzhan: ICARP FEB RAS, 2021. 181 p. (In Russ.).
 47. Rubtsova T.A., Kalinin A.Yu. *Osobo ohranyemye prirodnye territorii Evrejskoj avtonomnoj oblasti: sostoyanie i perspektivy razvitiya* (Specially protected natural territories of the Jewish Autonomous Region: state and prospects of development). Vladivostok: Dal'nauka Publ., 2011. 139 p. (In Russ.).
 48. Rychkov V.M. Landscaping and landscaping of small towns in Russia (on the example of Luga), in *I Luzhskie nauchnye chteniya. Sovremennoe nauchnoe znanie: teoriya i praktika* (I Luga scientific readings. Modern scientific knowledge: theory and practice). Saint Petersburg: A.S. Pushkin LSU, 2013, pp. 412–418. (In Russ.).

49. Savushkina I.G., Kolosyuk E.S. Green spaces of the city of Belogorsk (Republic of Crimea) as a natural element of the ecological framework. *Ekosistemy*, 2016, no. 6 (36), pp. 66–73. (In Russ.).
50. Sanaev I.V. The role of green spaces in creating an optimal urban environment. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoj vestnik*, 2006, no. 6, pp. 71–76. (In Russ.).
51. Sekushina I.A. The state of social infrastructure of small and medium-sized cities of the Komi Republic. *Social'noe prostranstvo*, 2019, no. 3 (20), pp. 3. (In Russ.).
52. Semenyutina A.V., Noyanova N.G. Analysis and actual problems of landscaping of small towns in arid conditions. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*, 2015, no. 2 (38), pp. 76–80. (In Russ.).
53. Senator S.A., Baranova O.G. Comparative analysis of the flora of the cities of the Middle Volga region. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya: Biologiya. Nauki o Zemle*, 2013, no. 4, pp. 37–46. (In Russ.).
54. Senyushkina I.V. Features of the ecological structure of the flora of small towns of the Ivanovo region. *Ekologiya urbanizirovannyh territorij*, 2014, no. 4, pp. 81–84. (In Russ.).
55. Tokarev E.A. Bioindication of atmospheric air quality in small towns of the Kaliningrad region. *Nauchnyj al'manah*, 2017, no. 4–3 (30), pp. 392–394. (In Russ.).
56. Tribuntseva K.M. Formation of an ecological framework in small towns of the Belgorod region, in *Naukoemkie tekhnologii i innovacii* (High-tech technologies and innovations). Belgorod: BSTU named after V.G. Shukhov, 2016, pp. 216–223. (In Russ.).
57. Tretyakova A.S., Baranova O.G., Senator S.A. Urban floristics in Russia: the current state and prospects. *Turczaninowia*, 2021, vol. 24, no. 1, pp. 125–144. (In Russ.).
58. *Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki: Demografiya. Chislennost' i sostav naseleniya (vitriny)*. Available at: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781?print=1> (accessed: 03.03.2022). (In Russ.).
59. Fetisov D.M., Zhuchkov D.V., Goryukhin M.V. Assessment of the greening level of the city of Birobidzhan using multispectral data. *Biosfera*, 2021, vol. 13, no. 4, pp. 170–179. (In Russ.).
60. Khoreva M.G. On the introduction potential of ornamental plants in the Magadan region. *Selekcija i sortorazvedenie sadovyh kul'tur*, 2018, vol. 5, no. 2, pp. 55–57. (In Russ.).
61. Chindyaeva L.N., Belanova A.P., Kiseleva T.I. Features of natural renewal of alien species of woody plants in the conditions of Novosibirsk. *Rossijskij zhurnal biologicheskijh invazij*, 2018, vol. 11, no. 2, pp. 90–107. (In Russ.).
62. Chkhobadze A.B., Filippov D.A. Materials for the flora of cities and district centers of the Vologda region: Vytegra. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, 2015, no. 3, pp. 160–168. (In Russ.).
63. Shabaikina V.A., Larina A.V., Saulin V.A. Assessment of the state of the greening system of Ruzaevka using multi-zone satellite images. *Vektor GeoNauk*, 2020, vol. 3, no. 3, pp. 96–105. (In Russ.).
64. *E'kologiya goroda* (Ecology of the city), Kasimov N.S., Ed. Moscow: Nauchnyj mir Publ., 2004. 624 p. (In Russ.).

STUDY OF SMALL AND MEDIUM-SIZE TOWNS VEGETATION IN RUSSIA: CURRENT STATE

V.P. Makarenko, D.M. Fetisov, D.V. Zhuchkov

In the review article, the authors give the analysis of scientific publications related to the study of vegetation in small and medium-sized Russian towns over the past 10 years. The main topical areas in which research is currently being carried out include the study of urban flora, analysis of plantings state, assessment of the vegetation state as an indicator of the urban environment quality (bio-indication), selection of trees assortment for urban andscape design and introduction of species, the features of landscaping in different natural conditions, and the formation of urban ecological framework.

It is noted the fragmentary nature of vegetation studies in small and medium-sized towns of Russia, not being conducted in most regions at all. There predominate empirical studies focused on describing the state of the vegetation cover in separate towns. Comprehensive research is not carried out widely. It is mainly used the inventory research methods. In the publications, there are no vegetation maps for small and medium-sized towns. Furthermore, there is no retrospective analysis of the urban flora and vegetation transformation. The authors of the most publications note the prevalence of inherited problems in the state of urban green spaces in the country, caused by the planning spontaneity in the Soviet period, the failure to incorporate environmental factors into the urban development planning, including the location of industrial enterprises, as well as the lack of programs for the development of green urban infrastructure, the perception of green plantings as an element of land improvement, rather than an environmentally significant factor.

Keywords: *small towns, medium-sized towns, urban ecosystem, green spaces, urban landscaping, urban flora, vegetation.*

Reference: Makarenko V.P., Fetisov D.M., Zhuchkov D.V. Study of small and medium-size towns vegetation in Russia: current state. *Regional'nye problemy*, 2022, vol. 25, no. 1, pp. 3–15. (In Russ.). DOI: 10.31433/2618-9593-2022-25-1-3-15.

УДК 581.522.5(571.64)

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КОРЫ ОДНОЛЕТНЕГО СТЕБЛЯ *BETULA ERMANII* CHAM. ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ГАЗО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ВЫХОДОВ ВУЛКАНА БАРАНСКОГО

А.И. Тальских, А.В. Копанина, И.И. Власова
Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН,
ул. Науки 1Б, г. Южно-Сахалинск, 693022,
e-mail: anastasiya_talsk@mail.ru,
anna_kopanina@mail.ru, iivlasova@gmail.com

*Изучены структурные изменения в тканях коры однолетнего стебля *Betula ertmanii* Cham. (*Betulaceae* Gray) в различных экологических условиях. Образцы *Betula ertmanii* были собраны в типичных для этого вида местообитаниях и в условиях поствулканической деятельности влк. Баранского на о. Итуруп: на сольфатарном поле и возле термальных источников. Сравнительный количественный анализ анатомических признаков коры однолетнего стебля *Betula ertmanii* позволил выделить структурные изменения, происходящие в условиях газо-гидротермальных проявлений влк. Баранского в сравнении с типичными условиями. К изменившимся параметрам относятся: количество кристаллов на поперечном срезе в паренхиме кортекса и флоэмы на 1 мм²; диаметры члеников ситовидных трубок; общее количество и число однорядных флоэмных лучей, длина однорядных флоэмных лучей. Остальные показатели тканей коры *Betula ertmanii* из исследуемых местообитаний не изменяются либо изменяются только в одном из местообитаний с неблагоприятными условиями. Ширина феллемы, число клеток феллемы в радиальном ряду и ширина вторичной флоэмы претерпевают изменения в условиях Старозаводского сольфатарного поля, а в условиях термальных Голубых озер изменяется удельная площадь склеренхимы. Структурная реакция в коре однолетнего стебля *Betula ertmanii* в экстремальных условиях газо-гидротермальных источников в первую очередь связана с изменением показателей вторичной флоэмы – параметров члеников ситовидных трубок и лучевой паренхимы.*

Ключевые слова: *Betula ertmanii*, структура коры, вулканическая деятельность, адаптация.

Образец цитирования: Тальских А.И., Копанина А.В., Власова И.И. Структурные особенности коры однолетнего стебля *Betula ertmanii* Cham. под воздействием газо-гидротермальных выходов вулкана Баранского // Региональные проблемы. 2022. Т. 25, № 1. С. 16–30. DOI: 10.31433/2618-9593-2022-25-1-16-30.

Сахалин и Курильские острова – это острова с уникальными экосистемами, сформировавшиеся под воздействием различных экологических факторов, значительная часть которых находится в зоне пессимума для живых организмов. Одним из таких ключевых экологических факторов, преобразующих природные системы островов, является магматический вулканизм [9, 12, 31 и др.]. Вулканизм обуславливает динамику рельефообразующих процессов, придает специфику геохимическим процессам, оказывает влияние на прозрачность и состав атмосферы и выступает в качестве одного из основных факторов почвообразования [24, 25, 32].

Вулканические ландшафты магматических вулканов обладают рядом специфических условий, которые характеризуются как стрессовые. Современная деятельность вулканов очень раз-

нообразна, а ее воздействие на растительность зависит прежде всего от типа вулканической активности. Эксплозивная деятельность вулканов или процесс выброса из земных недр через вулканическую постройку газов и пирокластического материала (пепел, лапilli, бомбы, шлаки) влияет на растительность на больших, в ряде случаев огромных площадях путем отложения пирокластики (обломочных горных пород) и изменения среды. Эффузивная деятельность или излияние лавы выражается в полном уничтожении всех растительных группировок. Лавы имеют очень широкий спектр химического состава, в момент излияния температура лавового потока может превышать 1000 °С. Также одним из проявлений вулканической активности является сольфатарная и гидротермальная деятельность, которая характеризуется выделением сернистого газа и паров

воды с примесью углекислого газа, азота, серо-содержащих и других веществ, в результате чего происходит закисление субстрата, содержащего большое количество солей и химических элементов; повышенными температурами в приземном слое [24, 26, 32]. Влияние газо-гидротермальных проявлений на растительные сообщества и их компоненты происходит на относительно небольших участках. Видовой состав и структура растительного покрова газо-гидротермальных местообитаний зависят от температуры источников, температуры субстрата, степени увлажненности местообитания и химического состава почв, термальных вод и газов, а также состава окружающей растительности и истории развития растительного покрова [29]. Формирование растительности в этих условиях тесно связано с жизненными стратегиями отдельных видов, направленными на выживание растений в конкретных экологических условиях. У таких видов сформировались различные адаптивные механизмы, обеспечивающие приспособление жизненных процессов к стрессовым условиям обитания [25].

Известно, что активная вулканическая и поствулканическая деятельность нарушает растительный покров и изменяет структуру сообществ [26]. В настоящее время существует большое количество зарубежной и российской ботанической литературы, в которой представлены результаты исследований динамики растительного покрова и процессов первичных и вторичных сукцессий, происходящих на вулканических ландшафтах [5–8, 22, 23, 28, 44, 48]. В большинстве работ особое внимание уделено различным аспектам вулкано-генных нарушений растительного покрова, изучению ранних стадий восстановительной динамики и механизмам формирования растительного покрова на вулканогенных субстратах.

В связи с неподвижностью растений именно у них возникает множество структурных приспособлений, позволяющих выживать в стрессовых ситуациях. Большой интерес представляют адаптации растений к различным экстремальным факторам на тканевом и клеточном уровне. Множество работ посвящено изучению анатомии древесины и дендрохронологическим исследованиям древесных растений, подверженных воздействиям вулканической активности [38, 40, 42, 43, 52, 53]. Структурные изменения древесины в результате воздействия вулканов выражены в формировании узких годичных колец, узкой поздней древесины, ложных годичных колец, уменьшении толщины клеточных стенок и увеличении доли паренхимы

в поздней древесине [52].

Кора древесных растений представляет собой высокоспециализированный комплекс клеток и тканей, расположенных снаружи от сосудистого камбия. Она выполняет ряд важных биологических функций (защитную, транспортную, ассимиляционную и синтетическую), что характеризует ее как физиологически активную и «отзывчивую» к воздействию экологических факторов [36, 37]. Кора может испытывать как прямое, так и опосредованное (косвенное) воздействие стрессовых факторов через изменения физиологических процессов в ней [50, 51], вследствие чего происходит изменение не только качественных признаков элементов коры, но и их количественных параметров.

Исследования, посвященные влиянию различных экологических факторов (пожары, засухи, воздействие экстремальных температур и т.д.) на внутреннюю структуру коры древесных растений, широко представлены в современной научной литературе [45, 46, 49–51, 54]. Однако среди них редко встречаются работы, посвященные воздействию вулканической деятельности на анатомию коры. Последние десятилетия исследования в этом направлении ведутся в лаборатории экологии растений и геоэкологии Института морской геологии и геофизики ДВО РАН. Так, например, в работах Копаниной А.В. и Еремина В.М. [19–21] была изучена кора представителей семейства *Ericaceae* Juss., произрастающих в условиях микроландшафтов, измененных гидротермальной деятельностью влк. Менделеева (о. Кунашир). В результате было показано, что у растений, обитающих вблизи гидротерм активных вулканов, в коре однолетних и молодых стеблей покровные ткани меньшей толщины по сравнению с нормой, клетки их более крупные и тонкостенные; у отдельных видов первый феллоген закладывается несколько позже и фрагментарно; первичные ткани коры дольше сохраняют свое функциональное значение; увеличивается число кристаллов на единицу площади поперечного среза в паренхиме первичной коры, а также мощность склерификации в непроводящей флоэме, общее число флоэмных лучей и диаметр ситовидных трубок по сравнению с нормой; изменяется соотношение паренхимных тканей и проводящих элементов. В работах Копаниной А.В. с соавторами [2, 14–18] в стеблях *Spirea beauverdiana* С.К. Schneid. в условиях сольфатарного поля кальдеры Головнина выявлены отклонения от нормального строения и аномалии тканей коры как крайняя форма структурной адаптации к вулканическому стрессу. Таким образом, изуче-

ние структурного отклика древесных растений на стрессовые условия вулканических ландшафтов позволяет выявлять адаптивные черты внутренней структуры коры древесных растений.

Целью настоящего исследования является изучение структурных изменений в тканях коры однолетнего стебля *Betula ermanii*, произрастающей в экстремальных условиях действующего влк. Баранского на о. Итуруп (Курильские острова).

Материалы и методы исследований

Береза Эрмана, или Береза каменная (*Betula ermanii* Cham.) – вид деревьев рода Береза (*Betula* L.) семейства Березовые (*Betulaceae* Gray). Это однодомное, листопадное, анемофильное дерево первой (высотой до 20 м, при диаметре ствола 50–75 см, до 90 см), второй, третьей величины или крупный кустарник (на границе распространения до 3–5 м высоты ствола). *Betula ermanii* – одна из основных лесообразующих пород Дальнего Востока, формирует как чистые, так и смешанные леса в горах и предгорьях, а также обладает широкой экологической амплитудой, произрастая на вертикальном пределе древесной растительности, на морских субарктических побережьях, внедряясь в сообщество кедрового стланика и субальпийской растительности в виде кустарниковой биоморфы [13]. Ареал вида охватывает юг Сибири, большую часть территории Дальнего Востока России, в том числе Сахалина и Курильских островов (Итуруп, Кунашир, Шикотан, Расшуа, Ушишир, Кетой, Симушир, Уруп) [1], а также Китай, Корейский полуостров и Японию [35].

Материал для исследования собран в ходе экспедиционных работ с 2015 по 2018 гг. Образцы коры *Betula ermanii* из типичных для вида условий обитания собраны на о. Сахалин в пихтово-каменноберезовом кустарниково-разнотравном лесу на г. Красной (Сусунайский хребет, о. Сахалин) 25 октября 2015 г., а также на территории Дендрологического парка Института морской геологии и геофизики ДВО РАН 13 августа 2018 г. На влк. Баранского (о. Итуруп) образцы *Betula ermanii* собраны на Старозаводском сольфатарном поле в каменноберезовом бамбучковом лесу 2 августа 2018 г. Гидротермальные выходы Старозаводского сольфатарного поля характеризуется температурой воды около 100 °С. Вода сульфатная натриево-кальциевая, кремнистая, кислая (pH=3.5). В составе газов преобладает углекислый газ (64%), содержание азота 28%, кислорода 6%, серосодержащие газы – менее 2%. Вблизи термальных Голубых озер образцы *Betula ermanii* собраны 31 июля 2018 г. в каменноберезово-лиственничном бамбуч-

ковом лесу. Термальные источники Голубые озера представляют собой две глубокие воронки, наполненные опалесцирующей голубоватой водой, с яркими каймами дисперсной серы по краям. Вода сульфатно-хлоридная, ультракислая (pH=1.2), температура достигает 107.5 °С. В составе выделяющихся газов преобладает азот (51%), содержание углекислого газа 38%, кислорода 9%, метана и других углеводородов 0.05% [12, 41]. У бортов газогидротермальных источников вулкана растительность представлена мозаично кустарниковыми и кустарничковыми сообществами. В нескольких метрах встречаются сообщества с *Betula ermanii*.

В каждом местообитании отбор однолетних побегов *Betula ermanii* произведен на трех модельных деревьях возрастом 60–80 лет с диаметром стволов 14–22 см. Фиксацию образцов стеблей для анатомического анализа проводили в день сбора в 96% этиловый спирт согласно методическим подходам, предложенным Р.П. Барыкиной с соавторами (2004) и модифицированным в нашей лаборатории [3, 57].

Анализ образцов коры однолетнего стебля выполнен на оборудовании лаборатории экологии растений и геоэкологии ИМГиГ ДВО РАН. Изготовление поперечных, радиальных и тангентальных микросрезов стеблей толщиной 10–25 мкм выполнено на санном микротоме HM 430c с устройством быстрой заморозки (Thermo Scientific, США). Окрашивание микросрезов проведено регрессивным методом с использованием сафранина и нильского синего. Отмывку микросрезов осуществляли в растворах этилового спирта возрастающих концентраций, а завершающее обезживание и осветление проводили карбол-ксилолом и ксилолом [33]. Постоянные препараты изготавливали с использованием синтетических заливочных сред. Для уточнения структуры проводящих элементов во флоэме однолетнего стебля *Betula ermanii* выполнена мацерация коры по методической схеме, предложенной G. Wang с соавторами [58]. Для определения химической природы кристаллов в тканях коры проведены гистохимические реакции [33].

Компьютерная обработка изображений микросрезов для измерения биометрических параметров сделана с использованием программного обеспечения ZEN 2 lite Carl Zeiss на световом микроскопе Axio Scope.A1, Carl Zeiss. Описание тканей коры выполнено на основе аналитических подходов, принятых в ксилотомии, и в соответствии с современными рекомендациями The Inter-

national Association of Wood Anatomists – IAWA по анатомии коры древесных растений [39]. Проанализированы 17 показателей тканей коры на поперечных и продольных срезах для каждого модельного дерева. Данные по трем модельным деревьям усреднены и представлены в таблице. Для каждого параметра рассчитаны выборочное среднее и доверительный интервал (для доверительной вероятности 95%). Объем выборки по каждому параметру для каждого модельного дерева составлял не менее 32 измерений. Статистический анализ выполнен по А.А. Минько (2004) в Microsoft Excel 2016.

Результаты и их обсуждение

Тканевый состав коры *Betula ermanii* был описан нами ранее [10], однако настоящее исследование позволило дополнить его данными о строении коры однолетнего стебля во второй половине вегетационного периода. В связи с тем, что образцы *Betula ermanii* на о. Итуруп были собраны летом, в период активной работы камбия, мы выполнили сравнительный анализ показателей для летних и осенних образцов коры растений *Betula ermanii*, произрастающих в типичных условиях (см. табл.). Эти данные позволили скорректировать результаты исследования, а именно сравнивать ткани и клетки в сходном онтогенетическом состоянии.

От периферии к центру расположены: эпидерма; перидерма, включающая в свой состав гетерогенную феллему, однослойный феллоген и феллодерму; кортекс, состоящий из колленхимы и основной паренхимы; первичная флоэма с протофлоэмами волокнами и склереидами и вторичная флоэма (рис. 1). Все ткани и элементы коры однолетнего стебля *Betula ermanii*, которые являются

ее составными частями, вполне сформированы уже к началу августа. Количественно несколько различаются параметры перидермы, то есть число клеток феллемы в радиальном ряду – их меньше в летний период (см. табл.). Следовательно, можно предположить, что до конца вегетационного сезона сформируется еще в среднем до 3 слоев клеток феллемы. Кроме того, во второй половине вегетационного сезона происходит деформация верхних тонкостенных слоев феллемы, то есть их сужение в радиальном направлении. Поэтому ширина этой ткани в осенний и летний периоды практически не различается (см. табл.). Количественные показатели первичной и вторичной флоэмы и их элементов – удельная площадь перициклических волокон и склереид; ширина вторичной флоэмы; диаметр и длина члеников ситовидных трубок; общее число и число однорядных флоэмных лучей на 1 мм – не отличаются у образцов, взятых в разные периоды вегетационного сезона (см. табл.). При сравнении образцов, взятых в типичных для вида и экстремальных условиях, мы учитывали изменения показателей, происходящие в течение вегетационного периода.

Кора однолетнего стебля *Betula ermanii* снаружи покрыта однослойной эпидермой, которая функционирует до конца вегетационного периода. Феллоген образуется субэпидермально в слое колленхиматозной паренхимы и формирует гетерогенную феллему и феллодерму, состоящую из 1 слоя паренхимных клеток (рис. 2). Место заложения феллогена и структура феллемы в коре однолетнего стебля *Betula ermanii* сходны в различных экологических условиях. Ширина феллемы в условиях Старозаводского сольфатарного поля несколько больше – на 7% по сравнению с

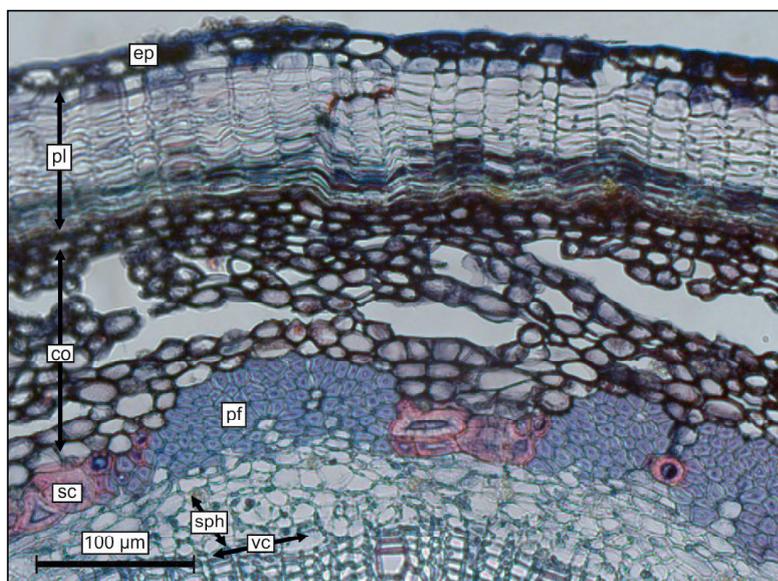


Рис 1. Внутренняя структура коры однолетнего стебля *Betula ermanii*: ep – эпидерма; co – кортекс; pe – перидерма; pf – протофлоэзные волокна; pl – феллема; sph – вторичная флоэма; vc – камбий

Fig. 1. Internal structure of the bark in an annual stem *Betula ermanii*: ep – epidermis; co – cortex; pe – periderm; pf – proto-phloem fibers; pl – phellem; sph – secondary phloem; vc – cambium

Количественные характеристики тканей коры *Betula ermani* в различных экологических условиях

Table

Quantitative characteristics of the *Betula ermani* bark tissues in various environmental conditions

Показатели	Остров Сахалин		Остров Итуруп	
	Дендрологический парк ИМГиГ ДВО РАН (типичные условия)	Сусунайский хребет, гора Красная (типичные условия)	Вулкан Баранского, Старозаводское сольфатарное поле	Вулкан Баранского, термальные источники Голубые озера
Ширина коры, мкм	384,5±14,9	355,4±6,88	366,3±8,53	372,9±11,2
Ширина феллемы, мкм	89,0±2,63	88,8±1,86	95,3±2,94	90,6±3,90
Число клеток феллемы в радиальном ряду, шт	13,8±0,42	16,2±0,26	14,7±0,31	14,2±0,77
Радиальный диаметр клеток феллемы, мкм	6,31±0,58	5,8±0,19	6,65±0,48	6,55±0,42
Тангентальный диаметр клеток феллемы, мкм	18,3±1,37	19,8±0,67	23,5±1,54	21,9±1,66
Удельная площадь перициклических волокон и склерейд, %	23,0±0,93	22,4±0,48	23,5±0,96	33,1±1,04
Удельное число кристаллов в паренхиме кортекса и паренхимы флоэмы, шт./мм ²		74,4±2,68	20,4±3,02	17,5±2,80
Ширина вторичной флоэмы, мкм	44,0±2,29	41,4±1,24	51,1±3,07	45,0±2,75
Радиальный диаметр ситовидных трубок, мкм	4,63±0,36	4,08±0,19	5,76±0,53	6,47±0,45
Тангентальный диаметр ситовидных трубок, мкм	10,6±0,90	10,6±0,43	12,5±0,98	14,2±0,83
Длина члеников ситовидных трубок, мкм	146,3±7,96	149,1±5,56	149,9±10,19	154,6±8,87
Общее число флоэмных лучей на 1 мм, шт	28,06±0,69	27,1±0,49	23,0±0,55	23,9±0,82
Число 1-рядных лучей на 1 мм, шт	26,5±0,70	25,9±0,50	22,6±0,56	23,7±0,85
Максимальная рядность луча, шт.	2,31±0,28	2,05±0,13	1,44±0,20	1,22±0,15
Длина однорядных лучей, мкм		311,0±22,0	240,6±24,2	226,5±28,1

типичными местообитаниями [55]. Это увеличение реализовано за счет большего числа слоев феллемы в радиальном ряду (см. табл.). Вблизи термальных источников Голубые озера ширина перидермы остается в пределах нормы (см. табл.). Увеличение ширины феллемы за счет большего числа ее слоев в радиальном ряду наблюдалось нами также в однолетнем стебле *Betula ermanii* в условиях Южно-Сахалинского грязевого вулкана [56], в коре однолетних стеблей *Toxicodendron orientale* Greene в условиях Верхнедокторских газогидротермальных источников влк. Менделеева (о. Кунашир) [16, 47] и в коре однолетних стеблей *Hydrangea paniculata* Siebold в условиях гидротермальных источников Столбовские влк. Менделеева (о. Кунашир) [30]. Эта закономерность, вероятно, указывает на усиление защитной функции в однолетних стеблях в стрессовых условиях вулканических ландшафтов.

Кортекс состоит из колленхиматозной и основной паренхимы коры. Колленхиматозная паренхима 2–3-слойная, клетки имеют округлую или овальную форму. Основная паренхима кортекса сходна по структуре с аэренхимой, сложена из округлых (изодиаметрических) клеток, между которыми развита сеть межклетников. В клетках основной паренхимы кортекса откладываются

кристаллы оксалата кальция. Кристаллы встречаются также и в паренхиме флоэмы, как в лучевой, так и в аксиальной. В типичных условиях кристаллы в этих тканях образуют целые скопления. В районах газо-гидротермальных выходов влк. Баранского их удельная доля сокращается на 73–76% (см. табл.) [55].

К концу вегетационного периода в коре однолетнего стебля *Betula ermanii* формируется почти сплошное гетерогенное кольцо перициклических волокон (первичные механические элементы) и склерид, прерываемое иногда 1–2 клетками паренхимы. Удельная площадь склеренхимы в образцах, взятых на Старозаводском сольфатарном поле, не изменяется по сравнению с нормой, а в образцах вблизи термальных источников Голубые озера больше по сравнению с типичными условиями на 44% (см. табл.), такая же тенденция наблюдается у однолетних стеблей *Betula ermanii* в условиях грязевого вулкана на о. Сахалин [56]. Поскольку склеренхима функционально является не только механической, но и защитной тканью, в однолетних стеблях *Betula ermanii* происходит увеличение ее удельной площади в условиях термальных источников Голубых озер. Это связано с усилением защитной функции в результате приспособления к экстремальным условиям.

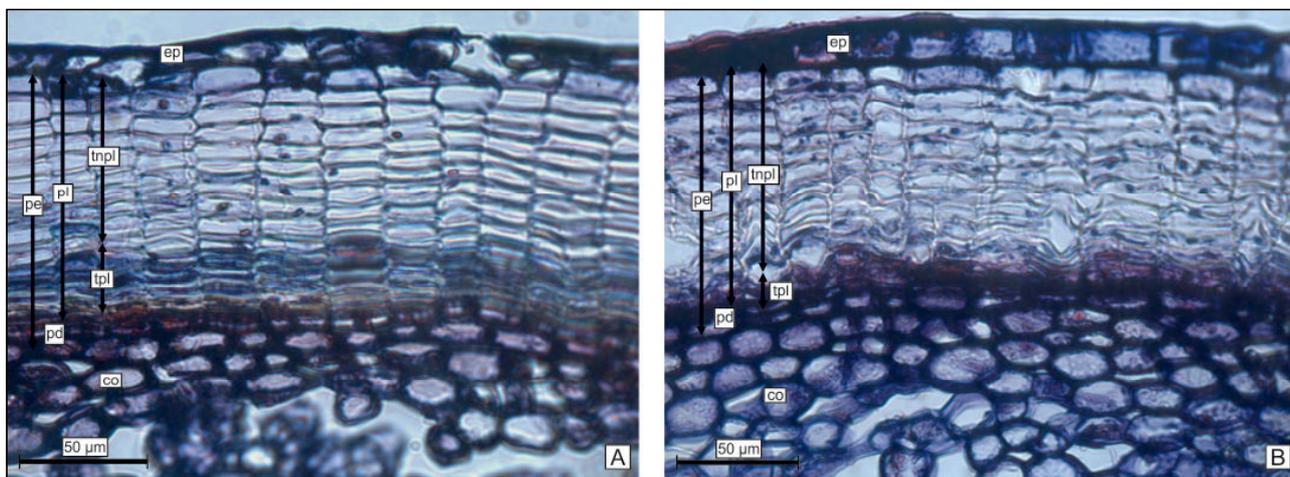


Рис 2. Перидерма однолетнего стебля *Betula ermanii* в различных экологических условиях: А – в типичных условиях о. Сахалин; В – в условиях Старозаводского сольфатарного поля, влк. Баранского, о. Итуруп.

ep – эпидерма; co – кортекс; pd – феллодерма; pe – перидерма; pl – феллема; tpl – толстостенная феллема; tnpl – тонкостенная феллема

Fig. 2. Periderm of an annual stem *Betula ermanii* in various environmental conditions: А – in typical conditions of Sakhalin Island; В – in extreme field conditions of Starozavodskoye solfatara, Baransky Volcano, Iturup Island.

ep – epidermis; co – cortex; pd – phelloderm; pe – periderm; pl – phellem; tpl – thick-walled phellem; tnpl – thin-walled phellem

Вторичная флоэма однолетнего стебля *Betula ermanii* состоит из члеников ситовидных трубок и клеток спутниц, аксиальной и лучевой паренхимы (рис. 3). Членики ситовидных трубок на поперечном срезе вытянуты в тангентальном направлении, одиночные или собраны в небольшие группы. Расположены членики ситовидных трубок и аксиальная паренхима диффузно. В клетках аксиальной, лучевой и основной паренхимы кортекса откладываются кристаллы оксалата

кальция. Лучи во флоэме гомо- и гетероцеллюлярные, 1–3-рядные.

Ширина вторичной флоэмы у образцов *Betula ermanii* вблизи термальных Голубых озер остается в пределах нормы, а у образцов со Старозаводского сольфатарного поля увеличивается на 16% (см. табл.). Такая же реакция наблюдалась для ширины вторичной флоэмы в коре однолетних стеблей *Toxicodendron orientale* в условиях Верхнедокторских газогидротермальных источников

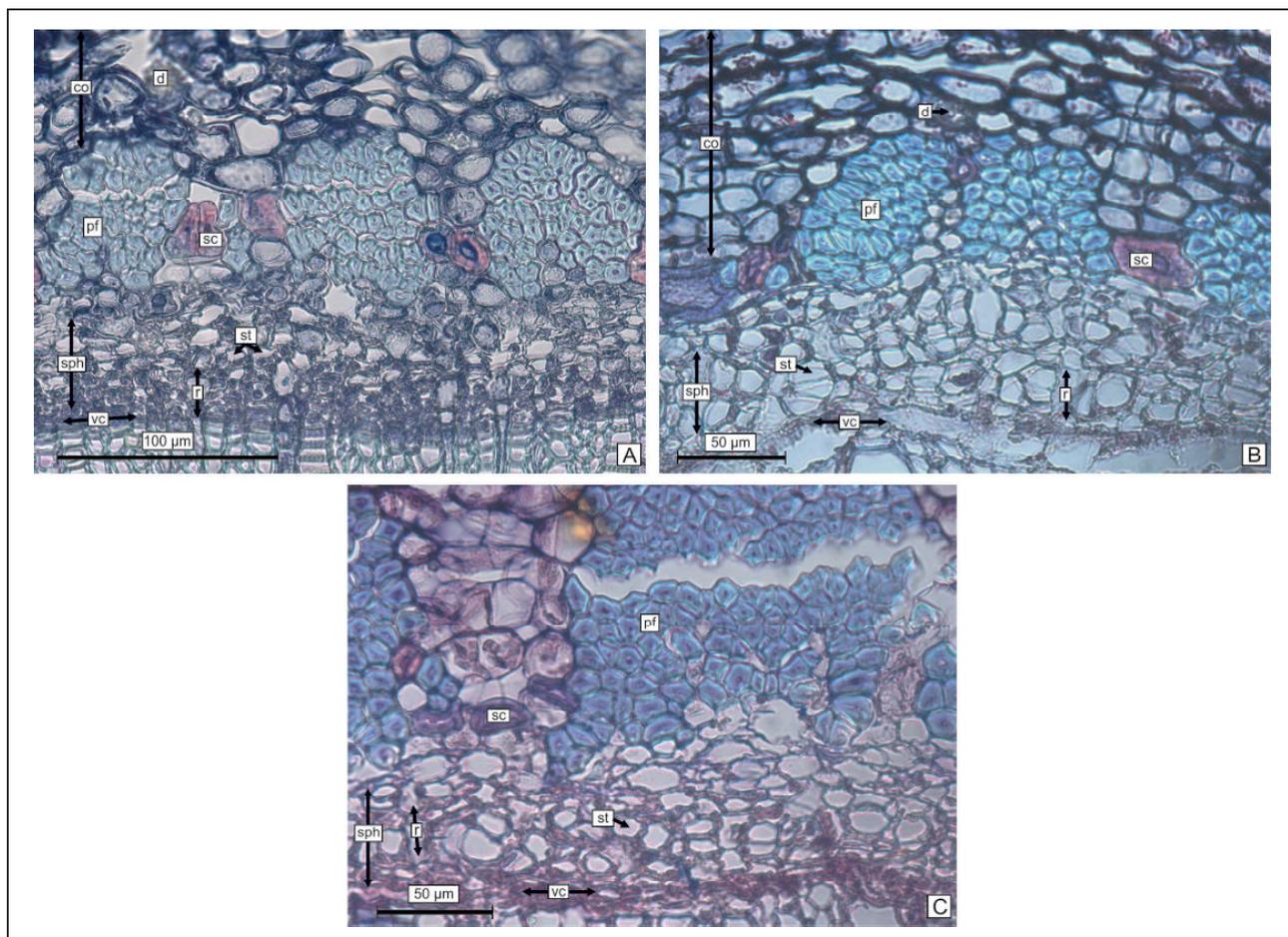


Рис. 3. Вторичная флоэма однолетнего стебля *Betula ermanii* в различных экологических условиях: А – в типичных условиях о. Сахалин; В – в условиях Старозаводского сольфатарного поля, влк. Баранского, о. Итуруп; С – вблизи термальных источников Голубые озера, влк. Баранского, о. Итуруп.

ар – аксиальная паренхима; со – кортекс; d – друза; pf – протофлоэмные волокна; r – луч; sc – склереида; sph – вторичная флоэма; st – ситовидные трубки; vc – камбий

Fig. 3. Secondary phloem of an annual stem *Betula ermanii* in various environmental conditions: A – in typical conditions of Sakhalin Island; B – in extreme conditions of Starozavodskoye solfatara field, Baransky Volcano, Iturup Island; C – in extreme conditions of Golubye ozera hot springs, Baransky Volcano, Iturup Island.

ap – axial parenchyma; co – cortex; d – druse; pf – protofloem fibers; r – ray; sc – sclereids; sph – secondary phloem; st – sieve tube; vc – cambium

влк. Менделеева, о. Кунашир [16, 47]. Тангентальные и радиальные диаметры члеников ситовидных трубок из двух точек сбора на влк. Баранского больше по сравнению с типичными условиями. На сольфатарном поле радиальный диаметр члеников ситовидных трубок увеличивается на 41%, а тангентальный – на 18%; вблизи термальных озер радиальный диаметр увеличивается на 59%; тангентальный – на 34%. Во вторичной флоэме в экстремальных условиях уменьшается общее число флоэмных лучей на 12–15% от нормы [55]. Происходит это уменьшение за счет однорядных флоэмных лучей. Также в условиях экстремального воздействия наблюдается уменьшение длины однорядных флоэмных лучей в тангентальной проекции на 23–27%. Аналогичные изменения (увеличение диаметров члеников ситовидных трубок, уменьшение общего числа и числа однорядных флоэмных лучей) происходят во флоэме однолетних стеблей *Betula ermanii* в условиях Южно-Сахалинского грязевого вулкана [56]. Мы полагаем, что изменения, происходящие во вторичной флоэме, имеют адаптивный характер и обусловлены необходимостью усиления интенсивности функции проведения в условиях высокого засоления субстрата.

Заключение

В ходе исследования определено, что гистологический состав коры однолетнего стебля *Betula ermanii* в экстремальных условиях не отличается от таковой в типичных условиях. Аномальных структур в коре не выявлено.

В результате статистического анализа структурных показателей коры однолетнего стебля *Betula ermanii* в условиях газо-гидротермальных выходов влк. Баранского выявлены параметры, которые в экстремальных условиях изученных местообитаний изменяются в соответствии с нормой. Меньше нормы: удельное число кристаллов в паренхиме кортекса и флоэмы; общее число и число 1-рядных флоэмных лучей. Больше нормы: диаметр члеников ситовидных трубок. Остальные показатели тканей коры однолетнего стебля *Betula ermanii* из исследуемых местообитаний заметно не изменяются либо изменяются только в одном из местообитаний. Ширина феллемы, число клеток феллемы в радиальном ряду, ширина вторичной флоэмы претерпевают изменения в условиях Старозаводского сольфатарного поля, а в условиях термальных Голубых озер по сравнению с нормой изменяется удельная площадь периферических волокон и склерид.

Структурная реакция молодой коры *Betula ermanii* выражается прежде всего в изменении показателей вторичной флоэмы – параметры члеников ситовидных трубок и лучевой паренхимы. Кроме этого, имеет место уменьшение интенсивности депонирования продуктов обмена в виде кристаллов оксалата кальция. В условиях Старозаводского сольфатарного поля больше мощность покровной ткани, а в условиях термальных Голубых озер больше мощность склеренхимы. Адаптация коры однолетнего стебля *Betula ermanii* к неблагоприятным факторам происходит путем усиления функций защиты и интенсивности проведения.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИМГиГ ДВО РАН.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Баркалов В.Ю. Флора Курильских островов. Владивосток: Дальнаука, 2009. 468 с.
2. Вацерионова Е.О., Копанина А.В. Особенности структуры молодых стеблей *Spiraea beauverdiana* в условиях сольфатарных полей вулкана кальдеры Головнина, остров Кунашир // Бюллетень Ботанического сада-института ДВО РАН. 2016. Вып. 15. С. 8–10.
3. Власова И.И., Копанина А.В. Особенности пробоподготовки кустарников и кустарничков к структурному анализу // Ботанические чтения: сб. материалов науч. конф. Брест: БрГУ, 2021. С. 31–35.
4. Горышина Т.К. Экология растений: учеб. пособие. М.: Высш. школа, 1979. 368 с.
5. Гришин С.Ю. Излияние лавовых потоков на Камчатке в XX и начале XXI века: масштабы и глубина изменения экосистем // Известия русского географического общества. 2017. № 149 (6). С. 43–59.
6. Гришин С.Ю. Основные тенденции динамики растительности на территории, испытавшей воздействие катастрофического извержения вулкана Безымянный 30 марта 1956 г. (Камчатка) // Известия русского географического общества. 2019. № 151 (5). С. 32–47.
7. Гришин С.Ю., Бурдуковский М.Л., Лазарев А.Г., Комачкова И.В., Перепелкина П.А., Яковлева А.Н. Гибель растительности в результате прохождения пирокластической волны (вулкан Шивелуч, Камчатка, 2010 г.) // Вестник ДВО РАН. 2015. № 2 (180). С. 101–108.
8. Гришин С.Ю., Перепелкина П.А., Бурдуковский М.Л. Начало сукцессий растительности на лавовых потоках Толбачинского

- извержения 2012–2013 гг. (Камчатка) // Экология. 2019. № 3. С. 226–229. DOI: 10.1134/S036705971903003X.
9. Ежкин А.К. Лишайники древесных субстратов в местах проявления сольфатарной активности на южных Курильских островах // Геосистемы переходных зон. 2019. Т. 3, № 2. С. 256–263. DOI: 10.30730/2541-8912.2019.3.2.256-263.
 10. Ерёмин В.М., Копанина А.В. Атлас анатомии коры деревьев, кустарников и лиан Сахалина и Курильских островов. Брест: Полиграфика, 2012. С. 248–250.
 11. Жарков Р.В. Термальные источники южных Курильских островов. Владивосток: Дальнаука, 2014. 378 с.
 12. Жарков Р.В. Термопроявления вулкана Эбеко (о. Парамушир, Курильские острова) и их рекреационно-туристский потенциал // Геосистемы переходных зон. 2020. Т. 4, № 4. С. 514–525. DOI: 10.30730/gtrz.2020.4.4.514-525.
 13. Кабанов Н.Е. Каменноберезовые леса в ботанико-географическом и лесоводственном отношении. М.: Наука, 1972. 137 с.
 14. Копанина А.В. Структурные адаптации *Spiraea beauverdiana* (*Rosaceae* Juss.) в экстремальных условиях // Строение, свойства и качество древесины – 2018: материалы VI Междунар. симп. имени Б.Н. Уголева, посвященного 50-летию Регионального Координационного совета по современным проблемам древесиноведения. Новосибирск: СО РАН, 2018. С. 108–111.
 15. Копанина А.В. Структурные особенности коры и древесины *Spiraea beauverdiana* (*Rosaceae*) в экстремальных условиях Арктики и поствулканической активности на Курильских островах // Сибирский лесной журнал. 2019. № 3. С. 52–63.
 16. Копанина А.В. Структурные эколого-анатомические исследования древесных растений на Сахалине и Курильских островах // Вестник Ботанического сада-института ДВО РАН. 2016. № 15 (2). С. 36–38.
 17. Копанина А.В., Вацерионова Е.О. Особенности строения однолетнего стебля спиреи (*P. Spiraea*) под воздействием газогидротерм вулкана Головнина (о. Кунашир, Курильские острова) // Геодинамические процессы и природные катастрофы. Опыт Нефтегорска: Всерос. науч. конф. с междунар. участием: сборник материалов / под ред. Б.В. Левина, О.Н. Лихачевой. Владивосток: Дальнаука, 2015. Т. 2. С. 379–382.
 18. Копанина А.В., Власова И.И., Вацерионова Е.О. Структурные адаптации древесных растений к условиям вулканических ландшафтов Курильских островов // Вестник ДВО РАН. 2017. № 1. С. 88–96.
 19. Копанина А.В., Еремин В.М. Строение коры сем. *Ericaceae* Juss., произрастающих в условиях вулканических микроландшафтов Курильских островов // Структурно-функциональные исследования растений в приложении к актуальным проблемам экологии и эволюции биосферы: тез. докл. науч. чтений памяти проф. А.А. Яценко-Хмелевского (к 100-летию со дня рождения). СПб., 2009. С. 28.
 20. Копанина А.В., Еремин В.М. Структурные особенности коры некоторых кустарников и кустарничков в условиях гидротермальной активности вулканов о. Кунашир (Южные Курильские острова) // Структурные и функциональные отклонения от нормального роста и развития растений под воздействием факторов среды: материалы междунар. конф. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. С. 127–131.
 21. Копанина А.В., Еремин В.М. Структурные особенности коры стеблей некоторых представителей арборифлоры о. Кунашир в условиях гидросольфатарной активности вулкана Менделеева // Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века: материалы всерос. конф. Ч. I: Структурная ботаника и репродуктивная биология. Петрозаводск, 2008. С. 195–197.
 22. Копанина А.В., Лебедева Е.В., Власова И.И. Особенности восстановления растительности после извержения 1907 г. кальдеры Ксудач на юге Камчатского полуострова // Известия РАН. Серия географическая. 2018. № 6. С. 57–69. DOI: 10.1134/S2587556618060092.
 23. Кораблев А.П., Нешатаева В.Ю. Первичные вулканогенные сукцессии растительности лесного пояса на плато Толбачинский дол (Камчатка) // Известия РАН. Серия биологическая. 2016. № 4. С. 366–376. DOI: 10.7868/S0002332916040056.
 24. Лаверов Н.П. Новейший и современный вулканизм на территории России. М.: Наука, 2005. 604 с.
 25. Манько Ю.И. Вулканизм и динамика растительности // Ботанический журнал. 1980. № 65 (4). С. 457–469.
 26. Манько Ю.И., Сидельников А.Н. Влияние вулканизма на растительность. Владивосток, 1989. 163 с.

27. Минько А.А. Статистический анализ в MS Excel. М.: Вильямс, 2004. 448 с.
28. Некрасов Т.Л., Кораблев А.П. Влияние вулканических пеплопадов на видовое разнообразие сосудистых растений в листовенных лесах Ключевской группы вулканов (Камчатка) // Вестник ТвГУ. Серия «Биология и экология». 2019. № 4 (56). С. 63–72. DOI: 10.26456/vtbio120.
29. Нешатаева В.Ю. Растительность полуострова Камчатка. М., 2009. 537 с.
30. Побережная Т.М., Копанина А.В. Биогеохимические и анатомические особенности растений в местах проявления современного вулканизма // Сибирский экологический журнал. 2011. № 2. С. 285–292.
31. Романюк Ф.А., Дегтерев А.В. Изменение конфигурации береговой линии о. Райкоке после эксплозивного извержения 21–25 июня 2019 г. (Центральные Курильские острова) // Геосистемы переходных зон. 2020. Т. 4, № 3. С. 351–358. DOI: 10.30730/grtz.2020.4.3.351-358.
32. Соколов И.А. Вулканизм и почвообразование (на примере Камчатки). М.: Наука, 1973. 224 с.
33. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы / Р.П. Барыкина, Т.Д. Веселова, А.Г. Девятков и др. М.: МГУ, 2004. 312 с.
34. Судачкова Н.Е. Состояние и перспективы изучения влияния стрессов на древесные растения // Лесоведение. 1998. № 2. С. 3–9.
35. Шемберг М.А. Береза каменная (систематика, география, изменчивость). Новосибирск: Наука, 1986. 175 с.
36. Эверт Р.Ф. Анатомия растений Эзау. Меристемы, клетки и ткани растений: строение, функции и развитие. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2016. 600 с.
37. Эсау К. Анатомия растений. М.: Мир, 1969. 585 с.
38. Alfaro Sanchez R., Camarero J.J., Querejeta J.I., Sagra J., Moya D., Rodriguez-Trejo D. Volcanic activity signals in tree-rings at the treeline of the Popocatepetl, Mexico // Dendrochronologia. 2020. Vol. 59. 125663. DOI: 10.1016/j.dendro.2020.125663.
39. Angyalossy V., Evert R., Marcati C., Oskolski A., Terrazas T., Kotina E., Lens F., Cristina M.-V., Angeles G., Machado S., Crivellaro A., Rao K., Junikka L., Nikolaeva N., Baas P. IAWA List of Microscopic Bark Features // IAWA journal. International Association of Wood Anatomists. 2016. Vol. 37. P. 517–615. DOI: 10.1163/22941932-20160151.
40. Battipaglia G., Cherubini P., Saurer M., Siegwolf T.W., Strumia S., Cotrufo F. Volcanic explosive eruptions of the Vesuvio decrease tree-ring growth but not photosynthetic rates in the surrounding forests // Global Change Biology. 2007. Vol. 13. P. 1122–1137. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2007.01350.x.
41. Bragin I.V., Chelnokov G.A., Kharitonova N.A. Geochemistry of thermal springs at Baransky volcano, Southern Kuriles (Russia) // Environmental Earth Sciences. 2019. Vol. 78, N 3. P. 79. DOI: 10.1007/s12665-019-8079-5.
42. Carlon Allende T., Macias J.L., Mendoza M.E., Villanueva Diaz J. Evidence of volcanic activity in the growth rings of trees in the Tacana Volcano, Mexico-Guatemala // Canadian Journal of Forest Research. 2020. Vol. 50 (1). P. 65–72.
43. Cruz-Munoz A.R., Rodriguez-Fernandez L., Calva-Vazquez G., Ruvalcaba-Sil J.L. Effects due to Popocatepetl volcano eruptions on the elemental concentrations in tree growth rings // X-Ray Spectrom. 2008. Vol. 37. P. 163–168. DOI: 10.1002/XRS.1057.
44. Del Moral R., Thomason L.A., Wenke A.C., Lozanoff N., Abata M.D. Primary succession trajectories on pumice at Mount St. Helens, Washington // Journal of Vegetation Science. 2012. Vol. 23. P. 73–85. DOI: 10.1111/j.1654.1103.2011.01336.x.
45. Hempson G.P., Midgley J.J., Lawes M.J., Vickers K.J., Kruger L.M. Comparing bark thickness: testing methods with bark – stem data from two South African fire-prone biomes // Journal of Vegetation Science. 2014. Vol. 25. P. 1247–1256. DOI: 10.1111/jvs.12171.
46. Kidd K.R., Varner J.M. Differential relative bark thickness and aboveground growth discriminates fire resistance among hardwood sprouts in the southern Cascades, California // Trees. 2019. Vol. 33. P. 267–277. DOI 10.1007/s00468-018-1775-z.
47. Kopanina A.V., Vlasova I.I. Structural changes of bark of the woody liana *Toxicodendron orientale* Greene (*Anacardiaceae*) in the extreme environments of gashydrothermal volcanic activity // Botanica Pacifica. A journal of plant science and conservation. 2019. Vol. 8 (2). P. 3–17. DOI: 10.17581/bp.2019.08212.
48. Korablev A., Smirnov V., Neshataeva V., Kuzmin I., Nekrasov T. Plant dispersal strategies in primary succession on the Tolbachinsky Dol volcanic Plateau (Russia) // Journal of Vegetation Science. 2020. Vol. 31, N 6. P. 954–966. DOI: 10.1111/jvs.12901.

49. Odhiambo B., Meincken M., Seifert T. The protective role of bark against fire damage: a comparative study on selected introduced and indigenous tree species in the Western Cape, South Africa // *Trees*. 2014. Vol. 28. P. 555–565.
50. Pausas J.G. Bark thickness and fire regime // *Func. Ecology*. 2015. Vol. 29. P. 315–327. DOI: 10.1111/1365-2435.12372.
51. Pausas J.G. Bark thickness and fire regime: another twist // *New Phytologist*. 2017. Vol. 213. P. 13–15.
52. Schweingruber F.H. *Wood Structure and Environment*. Berlin: Springer-Verlag, 2007. 279 p.
53. Shearman T.M., Wang G.G., Ma G.G., Guan S. Patterns of bark growth for juvenile trees of six common hardwood species in the eastern United States and the implications to fire tolerance // *Trees*. 2018. Vol. 32. P. 519–524. DOI: 10.1007/s00468-017-1649-9.
54. Sheppard P.R., Ort M.H., Anderson K.C., Clyne M.A., May E.M. Multiple dendrochronological responses to the eruption of Cinder Cone, Lassen Volcanic National Park, California // *Dendrochronologia*. 2009. Vol. 27 (3). P. 213–221. DOI: 10.1016/j.dendro.2009.09.001.
55. Talskikh A.I., Kopanina A.V., Vlasova I.I. Specific structural features of the bark in annual stems of *Betula ermanii* Cham. exposed to hydrothermal gases and fluids of Baransky volcano, Iturup island // *Plant anatomy: traditions and perspectives: materials of the International Symposium dedicated to the 90 anniversary of prof. Ludmila Ivanovna Lotova*. M.: MAKS Press, 2019. Part 1. P. 241–245.
56. Talskikh A.I., Kopanina A.V., Vlasova I.I. Structural features of the bark in young stems of *Betula ermanii* Cham. in the conditions of Yuzhno-Sakhalinsky mud volcano (Sakhalin Island) // *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*. 2019. Vol. 324 (1). 012033. DOI: 10.1088/1755-1315/324/1/012033.
57. Vlasova I.I., Kopanina A.V. Specific microtechniques for bark tissues of woody plants / *Plant anatomy: traditions and perspectives: materials of the International Symposium dedicated to the 90th anniversary of prof. Lyudmila Ivanovna Lotova*. M.: MAKS Press, 2019. Part 1. P. 274–278.
58. Wang G., Shi S., Wang J.W., Yu Y., Cao S.P., Cheng H. Tensile properties of four types of individual cellulosic fibers // *Wood and Fiber Science*. 2011. Vol. 43 (4). P. 353–364.

REFERENCES

1. Barkalov V.Yu. *Flora Kuril'skikh ostrovov* (Flora of the Kuril Islands). Vladivostok: Dal'nauka Publ., 2009. 468 p. (In Russ.).
2. Vazcerionova E.O., Kopanina A.V. The internal structure of the young stems *Spiraea beauverdiana* formed under solfataric fields Golovnin volcano caldera, Kunashir Island. *Byulleten' botanicheskogo sada-instituta DVO RAN*, 2016, no. 15, pp. 8–10. (In Russ.).
3. Vlasova I.I., Kopanina A.V. Specificity of sample preparation of shrubs and dwarf shrubs for structural analysis, in *Botanicheskie chteniya: sb. materialov nauch. konf.* (Botanical readings: collection of materials of scientific conf.). Brest: BrSU, 2021, pp. 31–35. (In Russ.).
4. Goryshina T.K. *E'kologiya rastenij* (Plant ecology). Moscow: Vyssh. shkola Publ., 1979. 368 p. (In Russ.).
5. Grishin S.Yu. Effusing of lava flows in Kamchatka in the XX and beginning of the XXI century: the scale and depth of impact on the ecosystems. *Izvestiya russkogo geograficheskogo obshchestva*, 2017, no. 149 (6), pp. 43–59. (In Russ.).
6. Grishin S.Yu. The main trends in the dynamics of vegetation on the territory affected by the catastrophic eruption of Bezmyanny volcano on march 30, 1956 (Kamchatka). *Izvestiya russkogo geograficheskogo obshchestva*, 2019, no. 151 (5), pp. 32–47. (In Russ.).
7. Grishin S.Yu., Burdukovsky M.L., Lazarev A.G., Komachkova I.V., Perepelkina P.A., Yakovleva A.N. Devastation of vegetation as a result of the impact of pyroclastic surge (Shiveluch volcano, Kamchatka, 2010). *Vestnik DVO RAN*, 2015, no. 2 (180), pp. 101–108. (In Russ.).
8. Grishin S.Y., Perepelkina P.A., Burdukovskii M.L. Beginning of vegetation succession on lava flows from the 2012–2013 eruption of Tolbachik volcano, Kamchatka. *Ekologiya*, 2019, no. 3, pp. 226–229. DOI: 10.1134/S036705971903003X. (In Russ.).
9. Ezhkin A.K. Lichens of wood substrates in areas of solfataric activity on southern Kuriles. *Geosistemy perekhodnykh zon*, 2019, vol. 3, no. 2, pp. 256–263. DOI: 10.30730/2541-8912.2019.3.2.256-263. (In Russ.).
10. Eryomin V.M., Kopanina A.V. *Atlas anatomii kory derev'ev, kustarnikov i lian Sakhalina i Kuril'skikh ostrovov* (Atlas of the bark anatomy of trees, shrubs and lianas of Sakhalin and the Kuril

- Islands). Brest: Poligrafika Publ., 2012, pp. 248–250. (In Russ.).
11. Zharkov R.V. *Termal'nye istochniki yuzhnykh Kuril'skikh ostrovov* (Thermal springs of the southern Kuril Islands). Vladivostok: Dal'nauka Publ., 2014. 378 p. (In Russ.).
 12. Zharkov R.V. Thermal fields of the Ebeko volcano (Paramushir Island, Kuril Islands) and their recreational and tourist potential. *Geosistemy perokhodnykh zon*, 2020, vol. 4, no. 4, pp. 514–525. DOI: 10.30730/gtr.2020.4.4.514-525. (In Russ.).
 13. Kabanov N.E. *Kamennoberezovye lesa v botaniko-geograficheskom i lesovodstvennom otnoshenii* (Botanical-geographic and silvicultural aspects of Erman's birch forests). Moscow: Nauka Publ., 1972. 137 p. (In Russ.).
 14. Kopanina A.V. Structural Adaptations of *Spiraea Beauverdiana* (Rosaceae Juss.) in Extreme Conditions, in *Stroenie, svoistva i kachestvo drevesiny – 2018: materialy VI Mezhdunar. simp. imeni B.N. Ugoleva, posvyashchennogo 50-letiyu Regional'nogo Koordinatsionnogo soveta po sovremennym problemam drevesinovedeniya* (Wood Structure, Properties and Quality – 2018: in honor of B.N. Ugolev. Proceedings of The 6-th RCCWS International Symposium dedicated to the 50th anniversary of the Regional Coordinating Council of Wood Science). Novosibirsk: SB RAS, 2018, pp. 108–111. (In Russ.).
 15. Kopanina A.V. Structural features of bark and wood of *Spiraea beauverdiana* (Rosaceae) in the extreme conditions of arctic and volcanic activity on the Kuril Islands. *Sibirskij lesnoj zhurnal*, 2019, no. 3, pp. 52–63. (In Russ.).
 16. Kopanina A.V. Structural ecological and anatomical studies of woody plants in Sakhalin and Kurile Islands. *Vestnik Botanicheskogo sada-instituta DVO RAN*, 2016, no. 15 (2), pp. 36–38. (In Russ.).
 17. Kopanina A.V., Vacerionova E.O. Features of the structure of the annual stem of spirea (*P. Spiraea*) under the influence of gas hydrotherms of the Golovnin volcano (Kunashir Island, Kuril Islands), in *Geodinamicheskie protsessy i prirodnye katastrofy. Opyt Neftegorsk: Vseros. nauch. konf. s mezhdunar. uchastiem: sbornik materialov / pod red. B.V. Levina, O.N. Likhachevoi* (Geodynamic processes and natural disasters. Lesson of Neftegorsk. International scientific conference, B.V. Levina, O.N. Likhacheva, ed.). Vladivostok: Dal'nauka Publ., 2015, pp. 379–382. (In Russ.).
 18. Kopanina A.V., Vlasova I.I., Vacerionova E.O. Structural adaptation of woody plants to volcanic landscapes of the Kuril Islands. *Vestnik DVO RAN*, 2017, no. 1, pp. 88–96. (In Russ.).
 19. Kopanina A.V., Eremin V.M. The structure of the bark of this. Ericaceae Juss growing in the volcanic microlandscapes of the Kuril Islands, in *Strukturno-funkcional'nye issledovaniya rastenij v prilozhenii k aktual'nym problemam jekologii i jevoljucii biosfery: tez. dokl. nauch. chtenij pamjati prof. A.A. Jacenko-Hmelevskogo (k 100-letiju so dnya rozhdeniya)* (Structural and functional studies of plants in application to topical problems of ecology and evolution of the biosphere: abstracts of scientific readings in memory of prof. A.A. Yatsenko-Khmelevsky (to the 100th anniversary of his birth)). Saint Petersburg, 2009, pp. 28. (In Russ.).
 20. Kopanina A.V., Eremin V.M. Anatomy bark of some shrubs and dwarf shrubs growing in the conditions of hydrothermal activity volcanoes of Kunashir Island (Southern Kuril Island), in *Strukturnye i funkcional'nye otkloneniya ot normal'nogo rosta i razvitiya rastenij pod vozdejstviem faktorov sredy: materialy mezhdunar. konf.* (Structural and functional deviations from the normal growth and development of plants under the influence of environmental factors: materials of the international conf.). Petrozavodsk: KarSC RAS, 2011, pp. 127–131. (In Russ.).
 21. Kopanina A.V., Eremin V.M. Structural features of the bark of stems of some representatives of arboriflora about. Kunashir in the conditions of hydrosulfatary activity of Mendeleev volcano, in *Fundamental'nye i prikladnye problemy botaniki v nachale XXI veka: materialy Vseros. konf. Chast' I: Strukturnaya botanika i reproduktivnaya biologiya* (Fundamental and applied problems of botany at the beginning of the XXI century: materials of the All-Russian conference, part I: Structural botany and reproductive biology). Petrozavodsk, 2008, pp. 195–197. (In Russ.).
 22. Kopanina A.V., Lebedeva E.V., Vlasova I.I. Features of vegetation restoration after the eruption of 1907 Ksudach caldera in the south of the Kamchatka Peninsula. *Izvestiya Rossijskoj akademii nauk. Seriya geograficheskaya*, 2018, no. 6, pp. 57–69. DOI: 10.1134/S2587556618060092. (In Russ.).
 23. Korablev A.P., Neshataeva V.Yu. Primary plant successions of forest belt vegetation on the Tolbachinskii dol volcanic plateau (Kamchatka). *Izvestiya RAN. Seriya biologicheskaya*, 2016, no. 4, pp. 366–376. DOI: 10.7868/S0002332916040056. (In Russ.).
 24. Laverov N.P. *Novejshij i sovremennyj vulkanizm*

- na territorii Rossii* (Modern and Holocene Volcanism in Russia). Moscow: Nauka Publ., 2005. 604 p. (In Russ.).
25. Manko Yu.I. Volcanism and vegetation dynamics. *Botanicheskij zhurnal*, 1980, no. 65 (4), pp. 457–469. (In Russ.).
 26. Manko Yu.I., Sidelnikov A.N. *Vliyanie vulkanizma na rastitel'nost'* (The influence of volcanism on vegetation). Vladivostok, 1989. 163 p. (In Russ.).
 27. Minko A.A. *Statisticheskij analiz v MS Excel* (Statistical analysis in MS Excel). Moscow: Vil'yams Publ., 2004. 448 p. (In Russ.).
 28. Nekrasov T.L., Korablev A.P. Impact of volcanic ashfalls on the species diversity of vascular plants in larch forests of the Klyuchevskaya volcano group (Kamchatka). *Vestnik TvGU. Seriya «Biologiya i ekologiya»*, 2019, no. 4 (56), pp. 63–72. DOI: 10.26456/vtbio120.
 29. Neshataeva V.Ju. *Rastitel'nost' poluostrova Kamchatka* (Vegetation of the Kamchatka Peninsula). Moscow, 2009. 537 p. (In Russ.).
 30. Poberezhnaya T.M., Kopanina A.V. The biogeochemistry and anatomy of plants in areas of recent volcanism. *Sibirskij ekologicheskij zhurnal*, 2011, no. 2, pp. 285–292. (In Russ.).
 31. Romanyuk F.A., Degterev A.V. Transformation of the coastline of Raikoke Island after the explosive eruption on June 21–25, 2019 (Central Kuril Islands). *Geosistemy perekhodnykh zon*, 2020, vol. 4, no. 3, pp. 351–358. DOI:10.30730/gtr.2020.4.3.351-358. (In Russ.).
 32. Sokolov I.A. *Vulkanizm i pochvoobrazovanie (na primere Kamchatki)* (Volcanism and soil formation (on the example of Kamchatka)). Moscow: Nauka Publ., 1973. 224 p. (In Russ.).
 33. *Spravochnik po botanicheskoy mikrotekhnike. Osnovy i metody* (Handbook of Botanical Microengineering. Basics and Methods.), R.P. Barykina, T.D. Veselova, A.G. Devyatov. Moscow: MSU, 2004. 312 p. (In Russ.).
 34. Sudachkova N.E. Status and prospects of studying the effect of stress on woody plants. *Lesovedenie*, 1998, no. 2, pp. 3–9. (In Russ.).
 35. Shemberg M.A. *Bereza kamennaya (sistematika, geografija, izmenchivost')* (Stone birch (taxonomy, geography, variability)). Novosibirsk: Nauka Publ., 1986. 175 p. (In Russ.).
 36. Evert R.F. *Anatomiya rastenij E'zau. Meristemy, kletki i tkani rastenij: stroenie, funkcii i razvitie* (Esau's plant anatomy. Meristems, cells and tissues of the plant body: their structure, function and development). Moscow: BINOM. Knowledge laboratory, 2016. 600 p. (In Russ.).
 37. Esau K. *Anatomiya rastenij* (Plant anatomy). Moscow: Mir Publ., 1969. 585 p. (In Russ.).
 38. Alfaro Sanchez R., Camarero J.J., Querejeta J.I., Sagra J., Moya D., Rodriguez-Trejo D. Volcanic activity signals in tree-rings at the treeline of the Popocatepetl, Mexico. *Dendrochronologia*. 2020, vol. 59, 125663. DOI: 10.1016/j.dendro.2020.125663.
 39. Angyalossy V., Evert R., Marcati C., Oskolski A., Terrazas T., Kotina E., Lens F., Cristina M. V., Angeles G., Machado S., Crivellaro A., Rao K., Junikka L., Nikolaeva N., Baas P. IAWA List of Microscopic Bark Features. *IAWA journal. International Association of Wood Anatomists*, 2016, vol. 37, pp. 517–615. DOI: 10.1163/22941932-20160151.
 40. Battipaglia G., Cherubini P., Saurer M., Siegwolf T.W., Strumia S., Cotrufo F. Volcanic explosive eruptions of the Vesuvio decrease tree-ring growth but not photosynthetic rates in the surrounding forests. *Global Change Biology*, 2007, vol. 13, pp. 1122–1137. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2007.01350.x.
 41. Bragin I.V., Chelnokov G.A., Kharitonova N.A. Geochemistry of thermal springs at Baransky volcano, Southern Kuriles (Russia). *Environmental Earth Sciences*, 2019, vol. 78, no. 3, pp. 79. DOI: 10.1007/s12665-019-8079-5.
 42. Carlon Allende T., Macias J.L., Mendoza M.E., Villanueva Diaz J. Evidence of volcanic activity in the growth rings of trees in the Tacana Volcano, Mexico-Guatemala. *Canadian Journal of Forest Research*, 2020, vol. 50 (1), pp.65–72.
 43. Cruz-Munoz A.R., Rodriguez-Fernandez L., Calva-Vazquez G., Ruvalcaba-Sil J.L. Effects due to Popocatepetl volcano eruptions on the elemental concentrations in tree growth rings. *X-Ray Spectrom*, 2008, vol. 37, pp. 163–168. DOI: 10.1002/XRS.1057.
 44. Del Moral R., Thomason L.A., Wenke A.C., Lozanoff N., Abata M.D. Primary succession trajectories on pumice at Mount St. Helens, Washington. *Journal of Vegetation Science*, 2012, vol. 23, pp. 73–85. DOI: 10.1111/j.1654.1103.2011.01336.x.
 45. Hempson G.P., Midgley J.J., Lawes M.J., Vickers K.J., Kruger L.M. Comparing bark thickness: testing methods with bark – stem data from two South African fire-prone biomes. *Journal of Vegetation Science*, 2014, vol. 25, pp. 1247–1256. DOI: 10.1111/jvs.12171.
 46. Kidd K.R., Varner J.M. Differential relative bark thickness and aboveground growth discriminates

- fire resistance among hardwood sprouts in the southern Cascades, California. *Trees*, 2019, vol. 33, pp. 267–277. DOI 10.1007/s00468-018-1775-z.
47. Kopanina A.V., Vlasova I.I. Structural changes of bark of the woody liana *Toxicodendron orientale* Greene (*Anacardiaceae*) in the extreme environments of gashydrothermal volcanic activity. *Botanica Pacifica. A journal of plant science and conservation*, 2019, vol. 8 (2), pp. 3–17. DOI: 10.17581/bp.2019.08212.
 48. Korablev A., Smirnov V., Neshataeva V., Kuzmin I., Nekrasov T. Plant dispersal strategies in primary succession on the Tolbachinsky Dol volcanic Plateau (Russia). *Journal of Vegetation Science*, 2020, vol. 31, no. 6. pp. 954–966. DOI: 10.1111/jvs.12901.
 49. Odhiambo B., Meincken M., Seifert T. The protective role of bark against fire damage: a comparative study on selected introduced and indigenous tree species in the Western Cape, South Africa. *Trees*, 2014, vol. 28, pp. 555–565.
 50. Pausas J.G. Bark thickness and fire regime. *Func. Ecology*, 2015, vol. 29, pp. 315–327. DOI: 10.1111/1365-2435.12372.
 51. Pausas J.G. Bark thickness and fire regime: another twist. *New Phytologist*, 2017, vol. 213, pp. 13–15.
 52. Schweingruber F.H. *Wood Structure and Environment*. Berlin. Springer-Verlag, 2007. 279 p.
 53. Shearman T.M., Wang G.G., Ma G.G., Guan S. Patterns of bark growth for juvenile trees of six common hardwood species in the eastern United States and the implications to firetolerance. *Trees*, 2018, vol. 32, pp. 519–524. DOI: 10.1007/s00468-017-1649-9.
 54. Sheppard P.R., Ort M.H., Anderson K.C., Clynne M.A., May E.M. Multiple dendrochronological responses to the eruption of Cinder Cone, Lassen Volcanic National Park, California. *Dendrochronologia*, 2009, vol. 27 (3), pp. 213–221. DOI: 10.1016/j.dendro.2009.09.001.
 55. Talskikh A.I., Kopanina A.V., Vlasova I.I. Specific structural features of the bark in annual stems of *Betula ermanii* Cham. exposed to hydrothermal gases and fluids of Baransky volcano, Iturup island. *Plant anatomy: traditions and perspectives: materials of the International Symposium dedicated to the 90 anniversary of prof. Ludmila Ivanovna Lotova*. Moscow: MAKS Press, 2019, Part 1, pp. 241–245.
 56. Talskikh A.I., Kopanina A.V., Vlasova I.I. Structural features of the bark in young stems of *Betula ermanii* Cham. in the conditions of Yuzhno-Sakhalinsky mud volcano (Sakhalin Island). *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 2019, vol. 324 (1), 012033. DOI: 10.1088/1755-1315/324/1/012033.
 57. Vlasova I.I., Kopanina A.V. Specific microtechniques for bark tissues of woody plants. *Plant Anatomy: traditions and perspectives: materials of the International Symposium dedicated to the 90th anniversary of Professor Lyudmila Ivanovna Lotova*. Moscow: MAKS Press, 2019. Part 1, pp. 274–278.
 58. Wang G., Shi S., Wang J.W., Yu Y., Cao S.P., Cheng H. Tensile properties of four types of individual cellulosic fibers. *Wood and Fiber Science*, 2011, vol. 43 (4), pp. 353–364.

STRUCTURAL FEATURES IN THE BARK OF THE ANNUAL STEM *BETULA ERMANII* CHAM, EXPOSED TO THE BARANSKY VOLCANO HYDROTHERMAL GASES AND FLUIDS

A.I. Talskikh, A.V. Kopanina, I.I. Vlasova

*The authors studied structural changes in the tissues of bark of annual stem *Betula ermanii* Cham. (Betulaceae Gray) under various environmental conditions. They collected the *Betula ermanii* samples in typical for this species conditions, characteristic of the Sakhalin Island, Krasnaya Mountain, Starozavodsky solfatara field, Baransky Volcano on the island of Iturup, and the Blue Lakes thermal springs area. A comparative quantitative analysis of the anatomical features of bark of annual stem made it possible to identify unidirectional structural changes in the conditions of gas-hydrothermal outcrops of Baransky Volcano, both upward and downward. These parameters include a number of crystals in cortex and phloem parenchyma, sieve tube diameters, the total number of phloem rays and the uniseriate rays' quantity, and the length of uniseriate phloem rays. The rest of bark tissue parameters of annual stem *Betula ermanii* from the studied habitats either showed no significant change, or changed in only one of the habitats with unfavorable conditions. The phellem width, the number of phellem cells in the radial row, and width of secondary phloem are modified in the Starozavodskoye solfatara field. The specific area of protophloem fibers and sclereids is changed under the conditions of thermal Blue Lakes. Thus, the structural response of annual stem *Betula ermanii* bark under extreme conditions of gas-hydrothermal springs associates mainly with a change of secondary phloem traits – sieve tubes and ray parenchyma parameters.*

Keywords: *Betula ermanii*, bark structure, volcanic activity, adaptation.

Reference: Talskikh A.I., Kopanina A.V., Vlasova I.I. Structural features in the bark of the annual stem *Betula Ermanii* Cham, exposed to the Baransky volcano hydrothermal gases and fluids. *Regional'nye problemy*, 2022, vol. 25, no. 1, pp. 15–30. (In Russ.). DOI: 10.31433/2618-9593-2022-25-1-16-30.

УДК 58.08+581.8

ОСОБЕННОСТИ МАЦЕРАЦИИ КОРЫ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

И.И. Власова, А.В. Копанина, А.И. Тальских, Е.О. Вацерионова
Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН,
ул. Науки 1Б, г. Южно-Сахалинск, 693022,
e-mail: iivlasova@gmail.com, anna_kopanina@mail.ru,
anastasiya_talsk@mail.ru, katya.vatserionova.85@mail.ru

В статье описаны сложности, возникающие при подготовке к мацерации коры древесных растений, и способы их преодоления путем модификации методических приемов и подходов. При мацерации коры древесных растений, а именно выделении слагающих ее элементов для дальнейшего анализа, возникают определенные трудности.

Флоэма является нестабильной и менее одревесневшей тканью, чем ксилема, которая остается сравнительно неизменной в своем строении в течение онтогенеза. Этот факт требует индивидуального подхода не только к разным видам растений, но и к каждому конкретному случаю. Мы используем выделение необходимых участков и типов тканей на каждом этапе мацерации. Сначала вырезаем необходимые фрагменты для анализа во время подготовки к мацерации. Для этого по возможности отделяем перидерму и древесину и мацерируем только ту часть, которая необходима для микроскопического анализа внутренней структуры коры.

Исследование проводящей флоэмы необходимо для выявления особенностей проводящих живых элементов, а непроводящей флоэмы для изучения склерифицированных элементов и элементов кортекса – паренхимы, первичных механических элементов и др. Подготовленные образцы заливаем мацерирующей жидкостью, плотно закрываем притертой крышечкой и помещаем в термостат с температурой 50 °С. Затем подбираем время экспозиции для определенного вида, места сбора и фрагмента ткани, чтобы элементы не разрушались и хорошо отделялись друг от друга. Время экспозиции в термостате может быть различным: от нескольких часов до нескольких суток. Затем мацерированный материал хорошо промываем дистиллированной водой до удаления запаха уксусной кислоты. Разбиваем получившуюся массу при мацерировании на магнитной мешалке, разливаем ее по коническим пробиркам, уравниваем на весах и ставим их в центрифугу, где центрифугуем для разделения твердой, мягкой и жидкой фракций. На завершающем этапе отбираем пипеткой необходимый слой и готовим временные препараты для анализа.

Ключевые слова: мацерация, микроскопический анализ, внутренняя структура коры.

Образец цитирования: Власова И.И., Копанина А.В., Тальских А.И., Вацерионова Е.О. Особенности мацерации коры древесных растений // Региональные проблемы. 2022. Т. 25, № 1. С. 31–43. DOI: 10.31433/2618-9593-2022-25-1-31-43.

Введение

Современные достижения в технологии и методологии ботанических исследований предоставляют больше возможностей в изучении внутренней структуры растения. Этой теме посвящено множество журналов (IAWA Bulliten, IAWA Jurnal) и статей [24, 28, 35]. Разработка новых типов микроскопов – конфокальных, электронных, сканирующих – требует и новых способов пробоподготовки. Эта тема освещается в журналах, выпускаемых Американским, Европейским и Королевским научными сообществами микроскопии (Microscopy and Microanalysis, Imaging & Microscopy, Journal of Microscopy), а также в от-

дельных публикациях. Безусловно, преимущество на стороне электронной и сканирующей микроскопии, но световая микроскопия по-прежнему востребована [22, 23, 27, 29, 31, 33, 36 и др.].

Представления о строении, росте и развитии клеток и тканей растений позволяют понять функциональную значимость тех или иных структур и отдельных элементов растительного организма. Изменение количественных параметров во внутренней структуре растений, произрастающих в стрессовых условиях, является их адаптивной реакцией на воздействие факторов окружающей среды [7–9 и др.]. Важнейшее направление исследований нашей лаборатории – изучение влияния

неблагоприятных экологических факторов, обусловленных активным магматическим и грязевым вулканизмом, условиями морских побережий, высотой над уровнем моря, на внутреннюю структуру коры древесных растений [3, 20, 34].

Кора древесных растений – сложный и многофункциональный комплекс тканей. Снаружи однолетний стебель покрыт фотосинтезирующей эпидермой, которая сменяется вторичной покровной тканью – перидермой, в свою очередь состоящей из феллемы (пробки), феллогена (пробкового камбия) и феллодермы (паренхимы). Повторные перидермы чаще образуются в более глубоких слоях коры, отсекая вышележащие ткани, формируя у некоторых видов ритидом (корку) – комплекс мертвых тканей, включающих не только саму перидерму, но и ткани, расположенные выше заложения повторных перидерм. Следом за эпидермой или первой перидермой располагается колленхима или гиподерма (у голосеменных), паренхима первичной коры, первичные механические элементы и проводящая ткань – флоэма, затем камбий, который снаружии откладывает флоэму, вовнутрь – ксилему (древесину). Флоэма и ксилема (первичная и вторичная) – проводящие ткани, осуществляющие соответственно нисходящий и восходящий ток веществ в стебле. Вторичная флоэма делится на проводящую и непроводящую. Проведение веществ осуществляется по проводящей флоэме, которая функционирует у большинства видов 1 год. Непроводящая флоэма не осуществляет проведение веществ, но в ее состав входят живые паренхимные клетки: аксиальная и горизонтальная паренхима. Эта наиболее общая топография тканей не отражает гетерогенность каждой из тканей и особенности их строения у разных видов [9, 21].

Для изучения клеточного и тканевого уровня применяются различные типы микроскопии (сканирующая, электронная, конфокальная, лазерная, рентгеновская и др.), наиболее широко и давно используемая – световая микроскопия. Для подготовки материала к исследованиям методами микроскопии разработано большое количество методик резки, окраски, контрастирования и др. В ходе исследований появляется множество модификаций и отступлений в методических подходах. Например, для уточнения строения проводящих элементов проводится мацерация растительного материала, которая применяется преимущественно для анализа строения клеточных оболочек, и, в подавляющем большинстве случаев, для древеси-

ны и склеренхимы коры. В ботанической микро-технике существует немалое количество методов и методических подходов по отношению к мацерации [10, 11, 16, 19, 25, 26, 32, 33]. Поскольку кора древесных растений – это комплекс тканей, которые состоят из клеток, отличающихся функциональной активностью, толщиной клеточных стенок, плотностью сложения их в самой ткани и др., это требует наблюдения за процессом мацерации и анализа всех элементов коры. Мы остановились на методике, которая отвечает нашим требованиям и является наименее трудоемкой [30]. С одной стороны, она позволяет экономить время, с другой – выделять и тонкостенные (ситовидные трубки, клетки-спутницы, паренхимные клетки), и толстостенные элементы (волокна, склереиды, феллему), для которых необходимо применять разные методики с кипячением и (или) применением агрессивных химических веществ (едкой щелочи, концентрированных кислот), использующиеся в перечисленных выше методиках. Кроме того, ледяная уксусная кислота и перекись водорода являются для нас наиболее доступными реактивами.

Исследования нашей лаборатории основываются на изучении внутренней структуры стеблей древесных растений. Весь процесс изучения внутренней структуры коры методом световой микроскопии занимает значительное количество времени и является довольно трудоемким. Он состоит из нескольких этапов: отбор и фиксация образцов в поле; хранение фиксированных образцов как в условиях поля, так и в лаборатории; подготовка лабораторной посуды; приготовление реактивов и красителей; подготовка образцов для резки с помощью микротомы или для мацерации; окрашивание, микрохимические реакции для качественного определения веществ и их групп; выполнение и заключение микросрезов в монтирующую среду, исследование срезов под микроскопом, их статистическая обработка и интерпретация результатов. В нашей лаборатории разработаны специфические модификации методических подходов на всех этапах – от сбора образцов в поле (рис. 1) до интерпретации результатов [4–6, 37, 38].

Особые трудности возникают при мацерации коры и слагающих ее тканей, в особенности флоэмы, поскольку она является менее одревесневшей и стабильной тканью, чем ксилема, которая остается сравнительно неизменной в своем строении в течение онтогенеза. Это требует особого подхода не только к разным видам растений, но и к каждому частному случаю. Чаще всего



Рис. 1. Сбор материала.
Полуостров Камчатка. Гидротермальные
источники «Дачные (влк. Менделеев)»

Fig. 1. Collection of material.
Kamchatka Peninsula. Hydrothermal vents
Dachnye (Volcano Mutnovsky)

это касается варьирования времени экспозиции, центрифугирования и разбивания на магнитной мешалке; возможно применять вариации с изменением температуры в термостате, концентрации раствора, чтобы достичь хорошего отделения требуемых для анализа элементов. В свою очередь индивидуального подхода в подготовке мацерируемого материала требуют стебли разного возраста, поэтому в ходе подготовки мы модифицируем методические алгоритмы, отмечаем их в рабочем дневнике и добавляем в методику: изменения времени экспозиции определённого вида, места сбора, возраста стебля, степени очистки и подготовки материала к мацерации. В наших исследованиях мы используем методику, разработанную Ge Wang с соавторами (2011) и применяющуюся для анализа древесных волокон кенафа, трахеид китайской ели и склерейд бамбука. В указанной работе описаны состав раствора для мацерации, его концентрация и экспозиция в термостате. Мы адаптировали эту методику для коры древесных растений и достаточно подробно описываем, как избежать тех или иных трудностей на стадии пробоподготовки и после выемки из термостата до формирования временных препаратов.

Целью данной работы является изучение способов пробоподготовки к мацерации коры древесных растений и приемов подготовки мацерированного материала для микроскопии. Для этого мы используем разделение тканей коры в многолетних стеблях до мацерации, а также разделение мацерированного материала при помощи центрифугирования и разбивания на магнитной мешалке.

Материалы и методы

При отборе образцов древесных растений для структурного анализа мы используем принятые в геоботанических исследованиях методические подходы [1, 14, 17]. В зависимости от типа и характера растительности выбираем размер пробной площади. Кроме этого, закладываем трансекты по градиенту высоты над уровнем моря или воздействия источника природного стресса в каждом местообитании. Внутри каждой пробной площади мы закладываем 3 площадки для отбора образцов древесных растений. Важно правильно выбрать оптимальные для исследования внутренней структуры стебли. Мы используем классификации по Серебрякову И.Г. (1949) и Мазуренко М.Т, Хохрякову А.П. (1977) для выбора и определения типов побегов. Мы отбираем для структурного анализа удлиненные побеги ветвления. Деревья выбираем с кроной, которая формируется на одинаковом уровне (в диапазоне около 1/3, 1/2 или 2/3) по высоте ствола. Для оценки возраст-зависимых признаков и состояний растений необходимо собрать образцы максимально полно, то есть выбрать такой возрастной шаг отбора, при котором структурные признаки коры и древесины будут изменяться последовательно от последнего годовичного побега до основания ствола или стволлика. Обязательно следует обращать внимание на заглупление – геофитизацию стволликов и стволов в субстрат. По нашим наблюдениям, это очень распространенное явление у древесных растений в условиях вулканических ландшафтов [3, 15]. Мелкие кустарнички иногда фиксируются целой куртиной или ее фрагментом. В лаборатории для учета большого количества накопившегося материала мы вносим информацию об образцах в базу, в ней указывается вид, дата отбора, географические координаты, географическое название места сбора, характеристика объекта и краткие особенности фитоценоза, коллекторов, жизненная форма, количество листов гербария, кернов, «скруток» (фрагменты стеблей возраста определенного диапазона или особь целиком, упакованные в этикетку), фрагментов стеблей и стволов для коллекции и место хранения (маркировка контейнера), в котором находятся объекты для изучения.

Контейнеры хранятся в металлических шкафах (рис. 2). При необходимости исследования того или иного вида древесного растения контейнер с ним вынимаем из шкафа, вскрываем при соблюдении техники безопасности (халат, респиратор, перчатки, очки). При помощи пинцета во включенном вытяжном шкафу «скрутки» с об-

разцами вынимаем из фиксатора (спирт+глицерин в соотношении 1:1 или 9:1 для молодых побегов) в лоток. Для текущей работы выбираем необходимые образцы для анализа и складываем в пластиковые банки для пищевых продуктов с прорезиненным кольцом для уплотнения. Образцы мы храним в фиксаторе в 5–10-литровых контейнерах для жидких пищевых продуктов и засолки рыбы. Предварительно запланированные для исследования образцы вынимаем из зафиксированного материала. «Скрутку» развязываем и на разделочной доске из образцов вырезаем отрезки стебля необходимого возраста (рис. 3). Для определения

и уточнения возраста стебля перед вымачиванием проводим изготовление временных препаратов с поперечными срезами. Срезы готовим бритвенным лезвием от руки, помещаем в каплю воды на предметное стекло. Возраст стебля определяем по числу годичных приростов древесины под световым микроскопом (рис. 4). После обнаружения стебля необходимого возраста вымачиваем материал в дистиллированной воде для удаления спирта и глицерина. Для ускорения процесса вымачивания отсекаем небольшие фрагменты необходимых для анализа участков. В этом случае время проводки образцов дистиллятом сокращается



Рис. 2. Хранение образцов в контейнерах в спирто-глицериновой смеси в условиях лаборатории

Fig. 2. Storage of samples in laboratory – in containers, in alcohol-glycerol mixture

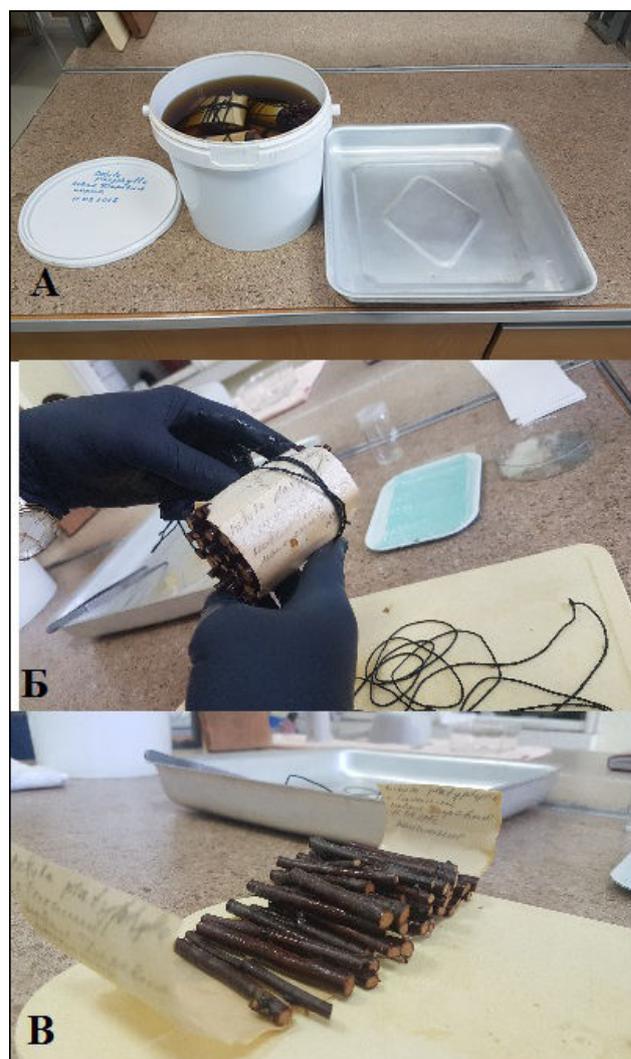


Рис. 3. А – контейнер с образцами и лоток для выемки; Б – поиск и развязывание «скрутки»; В – образцы для определения возраста

Fig. 3. А – Sample container and tray; Б – search and rolled samples unleashing; В – Samples for determining age

до 10–24 часов (рис. 5). Определение возраста ствольной части выполняем либо на керне (цилиндрические кусочки древесины, полученные с помощью возрастного бура), взятом при помощи возрастного бура (бурава) Naglof (инструмент, который позволяет извлекать керн (образец) из ствола дерева с целью исследования возраста, динами-

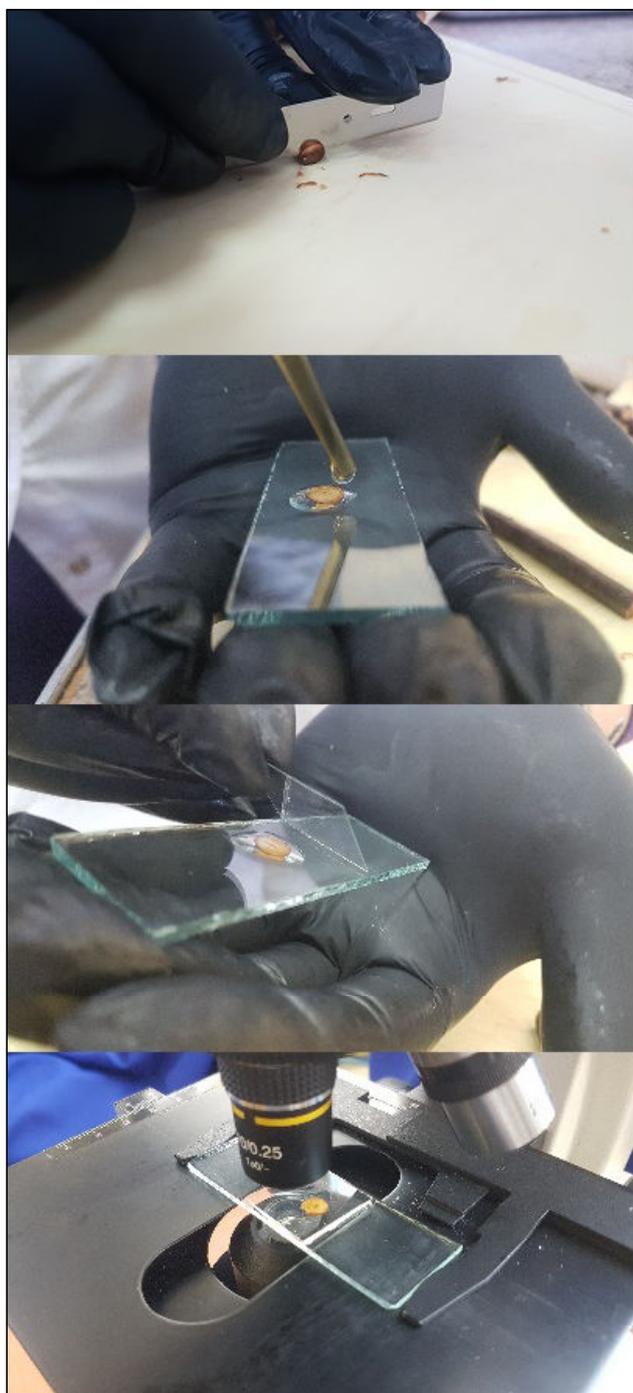


Рис. 4. Определение возраста образцов перед мацерацией

Fig. 4. Determining the samples age before maceration

ки роста и состояния), либо непосредственно на спиле перед фиксацией; информацию о возрасте вносим в этикетку, в которую упаковываем фрагмент ствола.

Для мацерации можно применять и свежий материал, взятый в природе. При этом время от сбора образца до его подготовки к мацерации не должно превышать суток при хранении в холодильнике. При мацерации ствольной части коры выбираем необходимый участок: отсекаем древесину и ближайший к камбию участок с проводящей флоэмой, который будет использоваться для мацерации (рис 7А), а в оставшемся фрагменте с непроводящей флоэмой отсекаем периферическую часть коры с перидермой или коркой и старовозрастной непроводящей флоэмой. Таким образом, для мацерации остаются фрагмент с проводящей флоэмой и камбием и фрагмент со слоем непроводящей флоэмы, который был расположен ближе к проводящей флоэме (в этой части обнаруживаются еще не смятые ситовидные трубки), мацерируем их в разных бюксах (рис. 5). При

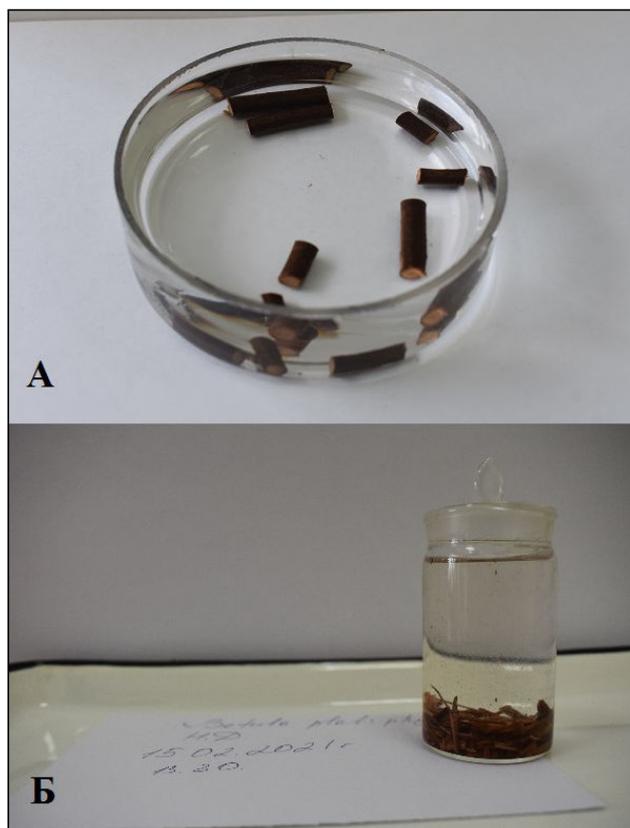


Рис. 5. А – вымачивание образцов определённого возраста; Б – вымачивание отсечённых фрагментов стебля

Fig. 5. А – Soaking of samples of a certain age; Б – Soaking of cut-off fragments of stem

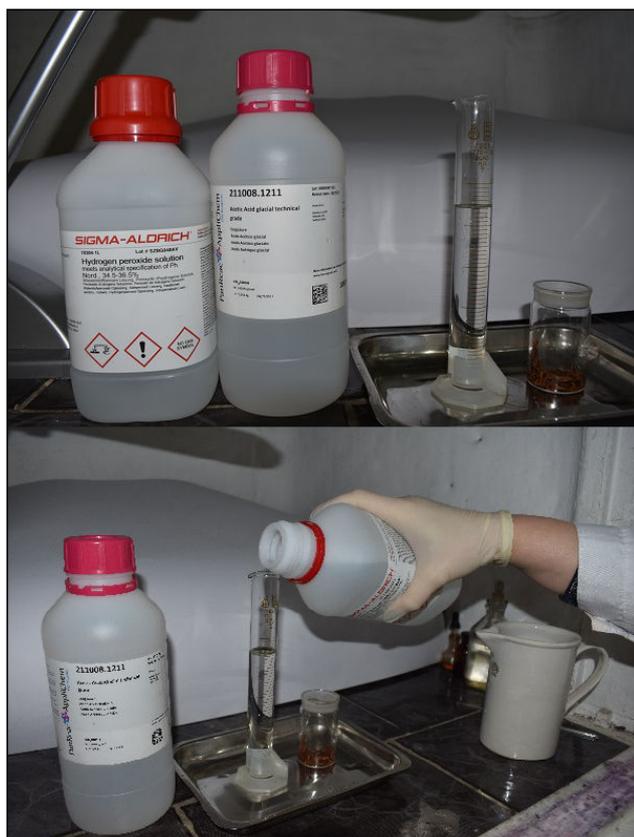


Рис. 6. Приготовление мацерирующей смеси

Fig. 6. Preparation of the macerating composition

необходимости отдельно мацерируем и другие вышележащие участки коры. Если необходимо мацерировать однолетний стебель или стебель небольшого диаметра (менее 5 мм), отсекаем фрагменты стебля вместе с древесиной и перидермой.

Небольшие фрагменты коры размером 1,0–2,0 мм × 1,0–3,0 см помещаем в бюксы емкостью 30 мл и заливаем раствором для мацерации, приготовленным непосредственно перед использованием (рис 6, 7Б). Состав мацерирующей жидкости: 4 части дистиллированной воды: 5 частей концентрированной (ледяной) уксусной кислоты: 1 часть перекиси водорода ($4\text{H}_2\text{O} : 5\text{CH}_3\text{COOH} : 1 \text{ 34–36,5\% } \text{H}_2\text{O}_2$). Плотнo закрываем притёртой крышкой бюксы с образцами в растворе для мацерации и помещаем в термостат с температурой 50 °C [30] (рис. 8). Время экспозиции в термостате может быть различным: от нескольких часов до нескольких суток. Например, для ствoловой части *Betula ermanii* Cham. время экспозиции в термостате в мацерирующей жидкости составляет 2–3 суток, это время увеличивается при мацерации ствoловой части образцов с большим объе-

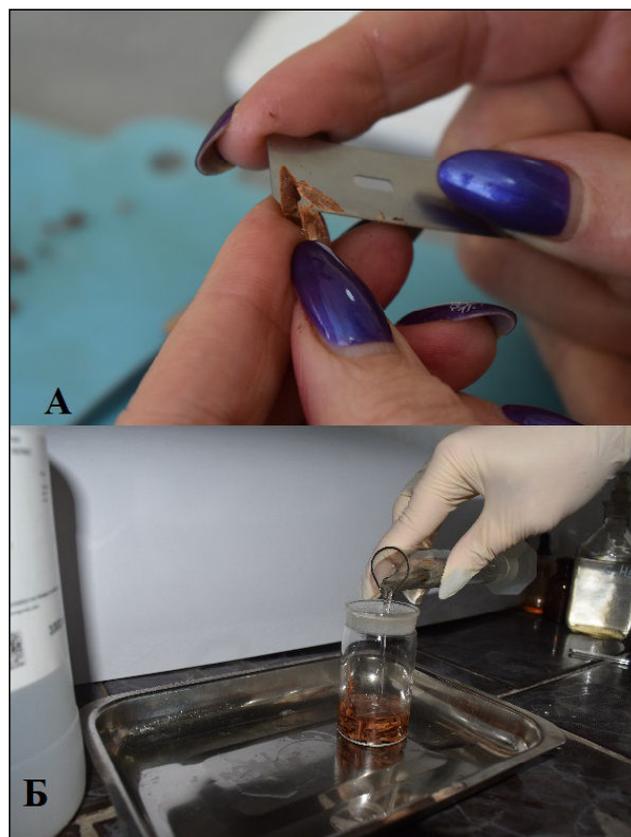


Рис. 7. А – отсекание фрагмента, необходимого для мацерации; Б – помещение образцов в мацерирующую смесь

Fig. 7. А – Cutting off the fragment required for maceration; Б – Placement of samples in the macerating composition

мом лигнифицированных и склерифицированных элементов. Увеличение мощности последних наблюдается нами в коре растений, произрастающих в экстремальных условиях [3, 14, 37]. Для однолетних стеблей этого вида, взятых в нормальных условиях, время экспозиции составляет 1–2 суток, а произрастающих в условиях агрессивных сред – до 2,5 суток, например, с fumarольных и сольфатарных вулканических полей. Для однолетних стеблей *Betula platyphylla* Sukaczew время экспозиции составляет 12–24 часа, в зависимости от условий местообитания и времени сбора, а также части стебля (ближе к апикальной части или к основанию годового прироста). Для сокращения времени экспозиции материала многолетних стеблей после его проводки водой отделяем по возможности перидерму и древесину и мацерируем только ту часть, которая необходима для микроскопического анализа внутренней структуры коры: проводящая флоэма для выявления



Рис. 8. Мацерация в термостате

Fig. 8. Maceration in the thermostat

особенностей проводящих живых элементов, непроводящая флоэма для исследования склерифицированных элементов, элементы кортекса – для изучения паренхимы, первичных механических элементов и др. При исследовании толстостенных элементов не всегда удаётся полностью очистить материал от неиспользуемых для анализа тонкостенных элементов при подготовке материала к мацерации, удаляем их после экспозиции в мацерующем растворе. Остатки древесины, перидермы, склеренхимы распадаются значительно позднее живых элементов коры. Пользуясь этим, мы убираем паренхимные клетки и облитерированные ситовидные трубки и мацеруем далее склеренхиму, волокна или феллему в зависимости от того, из какой части коры требуются толстостенные элементы для анализа.

После помещения в бюксы мацеруемый материал периодически проверяем на готовность. Последнее определяется обесцвечиванием (белые или бледно-жёлтые) фрагментов растения, поме-

щенного в мацерующий раствор и появлением небольшого количества взвеси над твёрдым осадком. Материал готов, если он легко раздавливается препаровальной иглой на предметном стекле и под покровным стеклом в капле воды определяются отдельные элементы ткани. После извлечения мацерированного материала из термостата хорошо промываем его дистиллированной водой до удаления запаха уксусной кислоты. Чтобы не потерять отдельные элементы коры при сливе, верхнюю прозрачную фракцию каждый раз отстаиваем до образования осадка и только после этого сливаем (рис. 9). Отбор желателно производить пипеткой. Для лучшего распределения на отдельные элементы мацерированный материал, предварительно помещенный в бюксы в небольшом количестве дистиллированной воды (10–20 мл), разбиваем в стеклянной бюксе на обычной магнитной мешалке (Эксперт-Эконикс, Ритм-1, УММ с кондуктометром Эксперт-002 (Эконикс) или Intillab TM Magnetic Stirrer) со специальным магнитным якорем. Процесс разбивания занимает 5–20 мин до получения мутной взвеси (рис. 10). Зачастую из-за разного времени распада твёрдых и мягких элементов необходима их сепарация. В случае наличия большого количества нераспавшихся склеренхимных элементов, остатков неудалённой древесины и феллемы при подготовке материала к мацерации в виде твёрдого осадка мацерированный материал выливаем в чашку Петри и нераспавшиеся твёрдые фрагменты тканей удаляем пинцетом под лупой (рис. 11). В нашей лаборатории мы используем для этого стационарную лупу с подсветкой (Лупа-лампа с подсветкой Kgomatech бестенева 2/20x, 85 мм, с прищепкой). Готовую взвесь с паренхимными клетками и ситовидными элементами переливаем в конусные пробирки и центрифугуем 2–5 минут при 1,0–1,5 тыс. оборотов в минуту на центрифуге Liston С 2203



Рис. 9. Промывание материала от мацерующей смеси

Fig. 9. Washing the material from the macerating composition



Рис. 10. Разбивание материала на магнитной мешалке

Fig. 10. Breaking up the material on a magnetic stirrer

(рис. 12). Затем со дна пипеткой собираем осадок и переносим на предметное стекло. Готовим временный препарат с дистиллированной водой или с добавлением глицерина для уменьшения скорости испарения пленки воды под покровным стеклом. Пробирки с материалом закрываем пробкой и хра-



Рис. 11. Удаление твёрдых участков коры в мацерированном материале

Fig. 11. Removal of hard fragments of bark from the macerated material

ним в холодильнике. При необходимости контрастирования (рис. 13) под покровное стекло капаем немного сафранина для окрашивания лигнифицированных элементов или нильского синего для окрашивания ситовидных полей и ситечек. После готовности анализируем и фотографируем препарат под микроскопом AxioScop A1 (Zeiss) при помощи программного обеспечения ZEN 2 (рис. 14). Возможно приготовить постоянные препараты из мацерированного материала стандартным спосо-



Рис. 12. А – центрифужные пробирки со взвесью мацерированного материала; Б – взвешивание пробирок для уравновешивания в центрифуге; В – центрифугирование; Г – прозрачная верхняя фракция и осадок со взвесью и твёрдыми частицами; Д, Е – слив верхней прозрачной фракции; Ж – готовый материал для анализа

Fig. 12. А – centrifuge tubes with a suspension of macerated material; Б – test tubes weighing for balancing in a centrifuge; В – centrifugation; Г – transparent upper fraction and sediment with suspension and solid particles; Д, Е – draining the upper transparent fraction; Ж – ready material for analysis

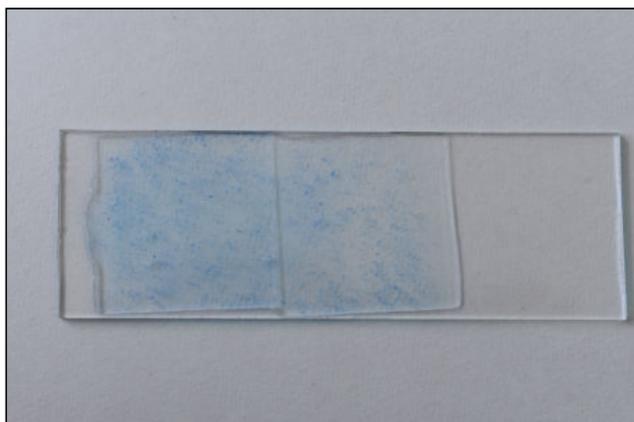


Рис. 13. Готовый для анализа контрастированный препарат с мацерированным материалом

Fig. 13. Contrast preparation of macerated material ready for analysis

бом, применяемым в нашей лаборатории, – это регрессивный метод окраски сафранином и нильским синим с вымыванием красителей при помо-

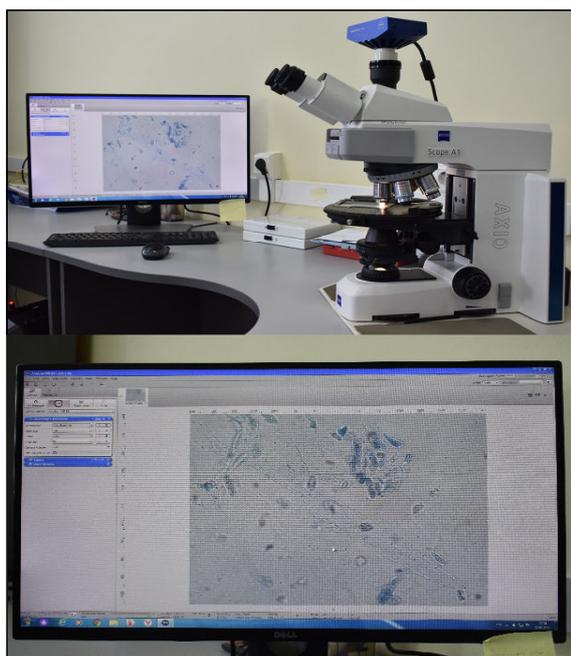


Рис. 14. Анализ мацерированного материала под микроскопом (на мониторе компьютера членик ситовидной трубки *Betula platyphylla*)

Fig. 14. Analysis of the macerated material under the microscope (sieve-tube element of *Betula platyphylla* on the computer monitor)

щи постепенного повышения концентрации раствора этилового спирта [17, 19].

Заключение

Таким образом осуществляется индивидуальный подход при подготовке материала к микрокопированию, в том числе мацерации, в каждом отдельном случае. Нами используется сепарация, то есть выделение для анализа необходимых участков и типов тканей (мягких и твердых) на каждом этапе мацерации; варьирование времени экспозиции для определённого вида, места сбора и фрагмента ткани; разбивание мацерированного материала на магнитной мешалке до взвеси, в которой клетки отделены друг от друга; центрифугирование для разделения твердой, мягкой и жидкой фракций.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИМГиГ ДВО РАН.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Алехин В.В. Методика полевого изучения растительности и флоры. 2-е изд., доп. и перераб. М.: Наркомпрос, 1938. 208 с.
2. Вацерионова Е.О., Копанина А.В. Особенности структуры молодых стеблей *Spiraea beauverdiana* в условиях сольфатарных полей вулкана кальдеры Головнина, остров Кунашир // Бюллетень Ботанического сада-института ДВО РАН. 2016. Вып. 15. С. 8–10.
3. Вацерионова Е.О., Копанина А.В., Власова И.И. Структура коры однолетнего стебля *Spiraea beauverdiana* (Rosaceae) в условиях сольфатарных полей кальдеры вулкана Головнина (о-в Кунашир, южные Курильские о-ва) // Бюллетень Ботанического сада-института ДВО РАН. 2021. № 25. С. 1–15. DOI: 10.17581/bbgi2501.
4. Власова И.И., Копанина А.В. Методические особенности анализа коры древесных растений // IX Съезд общества физиологов растений России «Физиология растений – основа создания растений будущего»: тез. докл. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2019. С. 100.
5. Власова И.И., Копанина А.В. Методические особенности подготовки материала для микрокопирования тканей древесных растений // Геодинамические процессы и природные катастрофы: тез. докл. III Всерос. науч. конф. с междунар. участием / отв. ред. Л.М. Богомолов. Южно-Сахалинск, 2019. С. 157.
6. Власова И.И., Копанина А.В. Особенность пробоподготовки кустарников и кустарничков к структурному анализу // Ботанические чте-

- ния: сб. материалов науч. конф. Брест: БрГУ, 2021. С. 31–35.
7. Гамалей Ю.В. Эндоплазматическая сеть растений. Происхождение, структура и функции. СПб.: БИН РАН, 1994. 79 с.
 8. Гамалей Ю.В. Транспортная система сосудистых растений. СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2004. 424 с.
 9. Ерёмин В.М., Копанина А.В. Атлас анатомии коры деревьев, кустарников и лиан Сахалина и Курильских островов / отв. ред. Е. С. Чавчавадзе. Брест: Полиграфика, 2012. 896 с.
 10. Кашина Е.Н. Способ мацерации растительных тканей: авт свид. № 325938 СССР. 06.07.1970.
 11. Кашина Е.Н. Мацерация тканей листьев, корней и зародышей семян *Heliantus annuus L.* // Ботанический журнал. 1971. Т. 565, № 10. С. 1477.
 12. Копанина А.В. Структурные адаптации *Spiraea beauverdiana* (Rosaceae Juss.) в экстремальных условиях строение, свойства и качество древесины // Строение, свойства и качество древесины – 2018: материалы VI Междунар. симп. им. Б.Н. Уголева, посвященного 50-летию регионального координационного совета по современным проблемам древесиноведения. Красноярск: СО РАН, 2018. С. 108–111.
 13. Копанина А.В. Структурные особенности коры и древесины *Spiraea beauverdiana* (Rosaceae) в экстремальных условиях Арктики и поствулканической активности на Курильских островах // Сибирский лесной журнал. 2019. № 3. С. 52–63.
 14. Лавренко Е.М. Методика геоботанических исследований степей // Методика полевых геоботанических исследований. М.; Л., 1938. С. 43–55.
 15. Мазуренко М.Т., Хохряков А.П. Структура и морфогенез кустарников. М.: Наука, 1977. 160 с.
 16. Прозина М.Н. Ботаническая микротехника. М.: Высшая школа, 1960. 206 с.
 17. Раменский Л.Г. Учёт и описание растительности (на основе проективного метода). М.: Изд-во Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук, 1937. 100 с.
 18. Серебряков И.Г. Структура и ритм в жизни цветковых растений // Бюллетень МОИП, отд. биол. 1949. Т. 54, вып. 1. С. 47–61.
 19. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы / Р.П. Барыкина, Т.Д. Веселова, А.Г. Девятов и др. М.: МГУ, 2004. 312 с.
 20. Тальских А.И., Копанина А.В., Власова И.И. Структурные особенности коры *Betula ermanii* (Betulaceae) в ландшафтах морских побережий и активных вулканов Дальнего Востока России // Растительные ресурсы. 2021. Т. 57, № 2. С. 124–144.
 21. Эверт Р.Ф. Анатомия растений Эзау. Меристемы, клетки и ткани растений: строение, функции и развитие: пер. с англ. / под ред. А.В. Степановой. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. 600 с.
 22. Angyalossy V., Pace M.R., Evert R.F., Marcatti C.R., Oskolski A.A., Terrazas T., Kotina E., Lens F., Mazzoni-Viveiros S.C., Angeles G., Machado S.R., Crivellaro A., Rao K.S., Junikka L., Nikolaeva N., Baas P. IAWA List of Microscopic Bark Features // IAWA Journal. 2016. Vol. 37, N 4. P. 517–615. DOI: 10.1163/22941932-20160151.
 23. Barbosa A.C.F., Pace M.R., Witovisk L., Angyalossy V. A new method to obtain good slides of heterogeneous plant parts // IAWA Journal. 2010. Vol. 31, N 4. P. 373–383. DOI: 10.1163/22941932-90000030.
 24. Blagitz M., Nogueira A., Marcatti C.R. Differences of the stem vascular system across populations of two tropical species under contrasting water conditions strategy // IAWA Journal. 2021. Vol. 21, N 1. P. 1–18. DOI: 10.1163/22941932-bja10077.
 25. Chamberlain C.J. Methods in plant anatomy. 4th ed. Chicago: University of Chicago Press, 1935. 334 p.
 26. Franklin G.L. Preparation of sections of synthetic resins and wood-resin composites, and a new macerating method for wood // Nature. 1945. 155. P. 51.
 27. Dickson A. Mosaic, block-face microscopy for measuring cell dimensions, cell collapse, and spatial relationships in wood // IAWA Journal. 2021. Vol. 32, N 14. P. 1–13. DOI: 10.1163/22941932-bja10072.
 28. Frankiewicz K.E., Oskolski A.A., Reduron J.-P., Banasiak Ł., Reyes-Betancort J.-A., Trzeciak P., Spalik K. Stem anatomy of Apioideae (Apiaceae): effects of habit and reproductive strategy // IAWA Journal. 2021. Vol. 277, N 1693. P. 1–20. DOI: 10.1163/22941932-bja10078.
 29. Gärtner H., Schweingruber F.H. Microscopic preparation techniques for plant stem analysis. Birmensdorf: Verlag Dr. Kessel, 2013. 78 p.
 30. Ge Wang, Sheldon Q. Shi, Jinwu Wang, Yan Yu, Shuangping Cao, Haitao Cheng. Tensile prop-

erties of four types of individual cellulosic fibers // Wood and Fiber Science. 2011. Vol. 43 (4). P. 353–364.

31. Hamann T., Smets E., Lens F. A comparison of paraffin and resin-based techniques used in bark anatomy // Taxon. 2011. Vol. 60, N 3. P. 841–851. DOI: 10.1002/tax.603016.
 32. Johansen D.A. Plant microtechnique. New York: McGraw-Hill, 1940. 523 p.
 33. Keating R.C. Preparing plant tissues for light microscopy study: a compendium of simple techniques. St. Louis: Missouri Botanical Garden Press, 2014. 154 p.
 34. Kopanina A.V., Talskikh A.I., Vlasova I.I., Kotina E.L. Age-related pattern in bark formation of *Betula ermanii* growing in volcanic environments from southern Sakhalin and Kuril Islands (North-east Asia) // Trees. 2022. P. 1–25. DOI: 10.1007/s00468-021-02257-x.
 35. Sibinelli V., Ceccantini G. Axial and radial wood maturation in three mistletoe ‘giants’ (Loranthaceae) // IAWA Journal. 2022. Vol. 32, N 2. P. 1–16. DOI: 10.1163/22941932-bja10081.
 36. Tomlinson P.B., Horn J.W., Fisher J.B. The anatomy of palms: Arecaceae–Palmae. Oxford University Press, 2011. 276 p. DOI:10.1093/acprof:osobl/9780199558926.001.0001.
 37. Vlasova I.I., Kopanina A.V. Specific microtechniques for bark tissues of woody plants // Plant anatomy: traditions and perspectives: materials of the International Symposium dedicated to the 90th anniversary of Prof. Ludmila Ivanovna Lotova. In two parts. Moscow: MAKSPress, 2019. Part 1. P. 274–278.
 38. Vlasova I.I., Kopanina A.V. Peculiarities of selecting woody plants for anatomy analysis in various environments // IOP Conference Series Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 946 (1). 012048.
4. Vlasova I.I., Kopanina A.V. Methodological features of the analysis of the bark of woody plants, in *IXS''ezd obshchestva fiziologov rastenii Rossii «Fiziologiya rastenii – osnova sozdaniya rastenii budushchego»*: tez. dokl. (IX Congress of the Society of Plant Physiologists of Russia «Plant Physiology – the basis for the creation of plants of the future»). Kazan: Izd-vo Kazanskogo un-ta Publ., 2019, pp.100. (In Russ.).
 5. Vlasova I.I., Kopanina A.V. Methodological features of preparation of material for microscopy of woody plant tissues, in *Geodinamicheskie processy i prirodnye katastrofy: tezisy докладov III Vserossijskoj nauchnoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. otv. red. L.M. Bogomolov* (Geodynamic processes and natural disasters: tez. dokl. III All-Russian Scientific Conference with international participation), Bogomolov L.M., Ed. Yuzhno-Sakhalinsk, 2019, pp. 157. (In Russ.).
 6. Vlasova I.I., Kopanina A.V. The peculiarity of sample preparation of shrubs and shrubs for structural analysis, in *Botanicheskie chteniya: sb. materialov nauch. konf.* (Botanical readings: collection of materials of scientific conf.). Brest: BrSU, 2021. pp. 31–35. (In Russ.).
 7. Gamalei Yu.V. *Jendoplazmaticheskaya set' rastenii. Proishozhdenie, struktura i funkcii* (Endoplasmic network of plants. Origin, structure and functions). Saint Petersburg: BIN RAS, 1994. 79 p. (In Russ.).
 8. Gamalei Yu.V. *Transportnaya sistema sosudistyh rastenii* (Transport system of vascular plants). Saint Petersburg: Iz-vo Sankt-Peterburgskogo un-ta Publ., 2004. 424 p. (In Russ.).
 9. Eremin V.M., Kopanina A.V. *Atlas anatomii kory derev'ev, kustarnikov i lian Sakhalina i Kuril'skikh ostrovov, otv. red. E.S.Chavchavadze* (Atlas of the anatomy of the bark of trees, shrubs and lianas of Sakhalin and the Kuril Islands). Brest: Poligrafika Publ., 2012. 896 p. (In Russ.).
 10. Kashina E.N. *Sposob maceracii rastitel'nyh tkanei: Avt svid. № 325938 SSSR*. (Method of maceration of plant tissues). 06.07.1970. (In Russ.).
 11. Kashina E.N. Maceration of the tissues of leaves, roots and seed germs of *Helianthus annuus* L.

REFERENCES:

1. Alekhin V.V. *Metodika polevogo izucheniya rastitel'nosti i flory* (Methods of field study of vegetation and flora). Moscow: Narkompros Publ., 1938. 208 p. (In Russ.).
2. Vatserionova E.O., Kopanina A.V. The Internal Structure of the Young Stems *Spiraea Beauverdiana* Formed Under Solfataric Fields Golovnin Volcano Caldera, Kunashir Island. *Byulleten' Botanicheskogo sada-instituta DVO RAN*, 2016, no. 15, pp. 8–10. (In Russ.).
3. Vatserionova E.O., Kopanina A.V., Vlasova I.I. The Structure of the Bark of the Annual Stem of *Spiraea Beauverdiana* (Rosaceae) in

- Botanicheskii zhurnal*, 1971, vol. 565, no. 10, pp.1477. (In Russ.).
12. Kopanina A.V. Structural Adaptations of *Spiraea Beauverdiana* (Rosaceae Juss.) in Extreme Conditions, in *Stroenie, svoistva i kachestvo drevesiny – 2018: materialy VI Mezhdunar. simp. im. B.N. Ugoleva, posvyashchennogo 50-letiyu regional'nogo koordinatsionnogo soveta po sovremennym problemam drevesinovedeniya* (Wood structure, properties and quality – 2018: materials of the VI International. simp. named after B.N. Ugolev, dedicated to the 50th anniversary of the Regional coordinating council on modern problems of wood science). Novosibirsk: SB RAS, 2018, pp. 108–111. (In Russ.).
 13. Kopanina A.V. Structural Features of Bark and Wood of *Spiraea Beauverdiana* (Rosaceae) in the Extreme Conditions of Arctic and Volcanic Activity on the Kuril Islands. *Sibirskii lesnoi zhurnal*, 2019, no. 3, pp. 52–63. (In Russ.).
 14. Lavrenko E.M. Metodika geobotanicheskikh issledovaniy stepei, in *Metodika polevykh geobotanicheskikh issledovaniy* (Methods of field geobotanical research). Moscow; Leningrad, 1938, pp. 43–55. (In Russ.).
 15. Mazurenko M.T., Khokhryakov A.P. *Struktura i morfogenez kustarnikov* (Structure and morphogenesis of shrubs). Moscow: Nauka Publ., – 1977. 160 p. (In Russ.).
 16. Prozina M.N. *Botanicheskaya mikrotekhnika* (Botanical microtechnics). Moscow: Vysshaya shkola Publ., 1960. 206 p. (In Russ.).
 17. Ramenskiy L.G. *Uchet i opisaniye rastitel'nosti (na osnove proektivnogo metoda)* (Accounting and description of vegetation (based on the projective method)). Moscow: Iz-vo Vsesojuznoi akademii sel'skhozozhajstvennykh nauk Publ., 1937. 100 p. (In Russ.).
 18. Serebryakov I.G. Structure and rhythm in the life of flowering plants. *Byulleten' MOIP, otd. biol.*, 1949, vol. 54, no. 1, pp. 47–61. (In Russ.).
 19. *Spravochnik po botanicheskoy mikrotekhnikе. Osnovy i metody*, R.P. Barykina, T.D. Veselova, A.G. Devyatov, et al. (Handbook of botanical microtechnics. Basics and methods). Moscow: MSU, 2004. 312 p. (In Russ.).
 20. Tal'skih A.I., Kopanina A.V., Vlasova I.I. Structural features of the crust of *Betula ermanii* (Betulaceae) in the landscapes of sea coasts and active volcanoes of the Russian Far East. *Rastitel'nye resursy*, 2021, vol. 57, no. 2, pp. 124–144. (In Russ.).
 21. Evert R.F. *Anatomiya rastenii Ezau. Meristemy, kletki i tkani rastenii: stroenie, funktsii i razvitie: per. s angl.* (Anatomy of Ezau plants. Meristems, cells and tissues of plants: structure, functions and development: trans. from English), Stepanova A.V., Ed. Moscow: BINOM. Laboratoriya znaniy Publ., 2015. 600 p. (In Russ.).
 22. Angyalossy V., Pace M.R., Evert R.F., Marcati C.R., Oskolski A.A., Terrazas T., Kotina E., Lens F., Mazzoni-Viveiros S.C., Angeles G., Machado S.R., Crivellaro A., Rao K.S., Junikka L., Nikolaeva N., Baas P. IAWA List of Microscopic Bark Features. *IAWA Journal*, 2016, vol. 37, no. 4, pp. 517– 615. DOI: 10.1163/22941932-20160151.
 23. Barbosa A.C.F., Pace M.R., Witovisk L., Angyalossy V. A new method to obtain good slides of heterogeneous plant parts. *IAWA Journal*, 2010, vol. 31, no. 4, pp. 373–383. DOI: 10.1163/22941932-90000030.
 24. Blagitz M., Nogueira A., Marcati C.R. Differences of the stem vascular system across populations of two tropical species under contrasting water conditions. *IAWA Journal*, 2021, vol. 21, no. 1, pp. 1–18. DOI: 10.1163/22941932-bja10077.
 25. Chamberlain C.J. *Methods in plant anatomy*. 4th ed. Chicago: University of Chicago Press, 1935. 334 p.
 26. Franklin G.L. Preparation of sections of synthetic resins and wood-resin composites, and a new macerating method for wood. *Nature*, 1945, 155, P. 51.
 27. Dickson A. Mosaic, block-face microscopy for measuring cell dimensions, cell collapse, and spatial relationships in wood. *IAWA Journal*, 2021, vol. 32, no. 14, pp. 1–13. DOI: 10.1163/22941932-bja10072.
 28. Frankiewicz K.E., Oskolski A.A., Reduron J.-P., Banasiak Ł., Reyes-Betancort J.-A., Trzeciak P., Spalik K. Stem anatomy of Apioideae (Apiaceae): effects of habit and reproductive strategy. *IAWA Journal*, 2021, vol. 277, no. 1693, pp. 1–20. DOI: 10.1163/22941932-bja10078.
 29. Gärtner H., Schweingruber F.H. *Microscopic preparation techniques for plant stem analysis*. Birmensdorf: Verlag Dr. Kessel, 2013. 78 p.
 30. Ge Wang, Sheldon Q. Shi, Jinwu Wang, Yan Yu, Shuangping Cao, Haitao Cheng.. Tensile properties of four types of individual cellulosic fibers. *Wood and Fiber Science*, 2011, Vol. 43 (4), pp. 353–364.
 31. Hamann T., Smets E., Lens F. A comparison of paraffin and resin-based techniques used in bark

- anatomy. *Taxon*, 2011, vol. 60, no. 3, pp. 841–851. DOI: 10.1002/tax.603016.
32. Johansen D.A. *Plant microtechnique*. New York: McGraw-Hill, 1940. 523 p.
 33. Keating R.C. *Preparing plant tissues for light microscopy study: a compendium of simple techniques*. St. Louis: Missouri Botanical Garden Press, 2014. 154 p.
 34. Kopanina A.V., Talskikh A.I., Vlasova I.I., Kotina E.L. Age-related pattern in bark formation of *Betula ermanii* growing in volcanic environments from southern Sakhalin and Kuril Islands (North-east Asia). *Trees*, 2022, pp. 1–25. DOI: 10.1007/s00468-021-02257-x.
 35. Sabinelli V., Ceccantini G. *Axial and radial wood maturation in three mistletoe 'giants' (Loranthaceae)*. *IAWA Journal*, 2022, vol. 32, no. 2, pp. 1–16. DOI: 10.1163/22941932-bja10081.
 36. Tomlinson P.B., Horn J.W., Fisher J.B. *The anatomy of palms: Arecaceae–Palmae*. Oxford University Press, 2011. 276 p. DOI: 10.1093/acprof:osobl/9780199558926.001.0001.
 37. Vlasova I.I., Kopanina A.V. Specific microtechniques for bark tissues of woody plants, in *Plant anatomy: traditions and perspectives. Materials of the International Symposium dedicated to the 90th anniversary of Prof. Ludmila Ivanovna Lotova*. Moscow: MAKS Press, 2019, part 1, pp. 274–278.
 38. Vlasova I.I., Kopanina A.V. Peculiarities of selecting woody plants for anatomy analysis in various environments. *IOP Conference Series Earth Environmental Science*, 2021, vol. 946 (1). 012048.

FEATURES OF THE OF WOODY PLANTS BARK MACERATION

I.I. Vlasova, A.V. Kopanina, A.I. Talskikh, E.O. Vatserionova

The article describes problems in preparing the woody plants bark for maceration and the ways to solve them by modifying methodological approaches. During maceration of the bark and its constituent tissues of woody plants, certain difficulties arise, especially with phloem, since this tissue is less lignified and stable than xylem, which remains relatively unchanged in its structure during ontogenesis. This fact requires an individual approach not only to different types, but also to each specific case. We use separation, that is, the selection of necessary tissue sections and tissue types (soft and hard) at each stage of maceration: selection of definite fragments for analysis, varying the exposure time for a certain type, collection and tissue fragment site, centrifugation of both hard, soft and liquid fractions. We separate, if possible, the periderm and wood, macerating only the part necessary for microscopic analysis of the bark internal structure. They are conductive phloem to reveal the characteristics of conducting living elements, non-conductive phloem for the study of sclerified elements, and elements of the cortex for the study of parenchyma, primary mechanical elements, etc. The macerating liquid includes distilled water, concentrated acetic acid, and hydrogen peroxide. We place the prepared samples, tightly closed with a ground lid, in a thermostat with a temperature of 50 °C. The exposure time in the thermostat can vary from several hours to several days. Then we thoroughly wash the macerated matter with distilled water before the odor of acetic acid disappears, with the following centrifuging and preparing the slides for analysis.

Keywords: maceration, microscopic analysis, internal structure of the cortex.

Reference: Vlasova I.I., Kopanina A.V., Talskikh A.I., Vatserionova E.O. Features of the of woody plants bark maceration. *Regional'nye problemy*, 2022, vol. 25, no. 1, pp. 31–43. (In Russ.). DOI: 10.31433/2618-9593-2022-25-1-31-43.

УДК 502.74:595.799(571.6)

ОХРАНА ДИКИХ ПЧЁЛ В ЗАПОВЕДНИКАХ И НАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРКАХ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ

Е.В. Игнатенко

Зейский государственный природный заповедник,
ул. Строительная 71, г. Зея, 676246,
email: evignatenko@mail.ru

Рассмотрен вопрос об охране биологического разнообразия в федеральных ООПТ юга Дальнего Востока. Заповедники и национальные парки, окружённые возделываемыми землями, являются рефугиумами для диких пчёл – уникальных опылителей цветковых растений. Проведён анализ 17 Положений об Учреждениях (заповедниках и национальных парках). Выявлено, что на практике нарушается требование федерального законодательства в части сохранения природной среды «в естественном состоянии» на особо охраняемых природных территориях (ООПТ) федерального значения и запрет интродукции животных. Положениями о заповедниках и национальных парках допускается расположение на их территориях ульев и пасек с медоносной пчелой (*Apis mellifera*), которая вступает в конкурентные отношения за кормовые объекты с дикими аборигенными видами пчёл. Размещение пасек медоносных пчёл на ООПТ оценено как неприемлемое и вредное: медоносная пчела – конкурент для каждого вида опылителей, одна её семья – это десятки тысячи насекомых, что в условиях пасек многократно усиливает их преимущество над другими опылителями. При размещении пасек по периметру ООПТ площадью 10–20 тыс. га и менее её земли полностью «накрываются» влиянием семей медоносной пчелы. Для разрешения этой угрожающей ситуации по отношению к естественной среде обитания животных–опылителей требуется широкая охранная зона или зона с запретом размещения ульев и пасек (до 3–5 км шириной). Для больших по площади территорий (от 50 тыс. га и более) допустимо единичное размещение пасек в соответствующих зонах по периметру.

Ключевые слова: Положения о заповедниках и национальных парках, дикие пчёлы, медоносная пчела, закон «Об особо охраняемых природных территориях» от 14.03.1995 г. № 33-ФЗ.

Образец цитирования: Игнатенко Е.В. Охрана диких пчёл в заповедниках и национальных парках юга Дальнего Востока России // Региональные проблемы. 2022. Т. 25, № 1. С. 44–48. DOI: 10.31433/2618-9593-2022-25-1-44-48.

В сообщении рассмотрена ситуация, сложившаяся в современной практике работы ООПТ федерального значения – заповедниках и национальных парках – при сохранении ими биологического разнообразия и поддержания в естественном состоянии охраняемых природных комплексов в соответствии с законом «Об особо охраняемых природных территориях» от 14.03.1995 г. № 33-ФЗ (ст. 6, п. 1) [8]. Был проведён анализ 17 Положений о заповедниках и национальных парках, указанных в списке рассылки Минприроды России для Дальневосточного региона (всего 136 ФГБУ). На практике наблюдается нарушение закона при допущении на особо охраняемые природные территории пасек с медоносной пчелой (*Apis mellifera* Linnaeus, 1758). Исключением в сложившейся ситуации может быть только такая ООПТ, как заповедник «Шульган-Таш» (Республика Башкор-

тостан), где охраняется от метисации генофонд популяции «бурзянской» пчелы – здесь *Apis mellifera* – аборигенный вид. На юге Дальнего Востока таким аборигенным видом является китайская восковая пчела (*Apis cerana* Fabricius, 1793), которая обитает в Приморском крае на северной границе своего ареала, занесена в Красную книгу России [7] и требует особой охраны от конкурентного давления медоносной пчелы в заповедниках и национальных парках юга Приморья.

Индивидуальными Положениями о заповедниках и национальных парках определяются задачи, режимы охраны каждой природной территории и особенности её использования. Нами были проанализированы Положения о заповедниках и национальных парках из списка рассылки Минприроды России. Положения типовые, их тексты практически идентичные, отличаются своими

приложениями, в которых указаны участки (кварталы) для разных видов разрешенной деятельности [6]. Как правило, в части «Режим заповедника (вариант: Режим особой охраны территории)» написано: «На территории заповедника запрещается любая деятельность, противоречащая задачам заповедника и режиму особой охраны его территории, в том числе: ... размещение ... ульев и пасек, ... за исключением случаев, предусмотренных настоящим Положением». Через 1–2 пункта далее: «На специально выделенных участках ограниченного хозяйственного использования допускается деятельность ... (Приложение №...», и указываются в разных вариантах разрешения о размещении ульев и пасек:

- ГЗ «Бастак» (п. 9 пп. 12): «На специально выделенных участках частичного хозяйственного использования, не включающих особо ценные экологические системы и объекты, ради сохранения которых создавался заповедник, допускается деятельность, которая направлена на обеспечение функционирования заповедника (Приложение 2: участки, выделенные под размещение ульев и пасек общей площадью 2,0 га);

- ГЗ «Хинганский» (п. 14): «... организация личных подсобных хозяйств тем сотрудникам заповедника, значительная часть рабочего времени которых проходит в полевых условиях. ... Содержание пчёл допускается в количестве не более 10 пчелосемей.»;

- ГЗ «Ханкайский» (п. 17): «организация подсобных сельских хозяйств для обеспечения сотрудников заповедника и членов их семей продуктами питания. Приложение 2: п. 3. Участок Чертово болото в районе Черемшовой сопки 1 га под установку пасеки.»

То же указано в Положениях о Лазовском заповеднике и ФГБУ «Земля леопарда». Таким образом, в 5 (35,7%) из 14 государственных заповедников Дальнего Востока, где запрещена интродукция живых организмов и должно соблюдаться поддержание природных комплексов в их естественном состоянии, Положениями об ООПТ допускается наличие непосредственно на их территориях пасек с домашними пчёлами. Как правило, эти заповедники расположены в зонах с традиционно развитым пчеловодством. По Российской Федерации таких заповедников 13 (13,8%) из 94.

Для национальных парков, территория которых зонирована, дело обстоит немного иначе: размещение пасек допускается (разрешается) на участках в рекреационных зонах, специально определённых учреждением, с выданными для

этой цели разрешениями для всех желающих. Таких ООПТ на Дальнем Востоке 2 (66,7%) из 3, указанных в списке рассылки Минприроды России (Ануйский НП, НП «Бикин») (по России из 42 национальных парков 21 (50%) в рекреационных зонах разрешают наличие ульев и пасек). А ведь это вид деятельности, «которая может нанести ущерб природным комплексам и объектам растительного и животного мира» и она указана в Положениях для заповедной зоны, как «запрещённая» (см. Положения практически всех национальных парков). Особенно это важно для небольших по площади территорий.

Современная медоносная пчела – одомашненное животное, является непревзойдённым опылителем благодаря тому, что её семья состоит из огромного числа особей, но не для всех видов растений. Этот вид, особенно если пасака больших размеров, составляет серьёзную конкуренцию для диких пчёл. Во многих районах России (кроме некоторых европейских областей) это чужеродный вид, для которого созданы условия обитания (искусственные гнёзда-ульи).

Содержание пасек разного размера, от нескольких ульев до 200 и более семей медоносной пчелы *Apis mellifera*, особенно широко развито в южных областях. Для сбора нектара и пыльцы медоносные пчёлы могут отлетать в одну сторону на 2–6 км. Если во время полета не будет найден нектар, с помощью которого можно восстановить потраченную энергию, насекомое не сможет улететь дальше либо вернуться. По этой причине сборщица на пасеке редко удаляется больше чем на 2–3 км от места, где живет. Площадь территории, которую охватывает одна семья медоносной пчелы, составляет от 12 и более км² (от 2–3 км до 6 км – радиус полёта) [4]. Медоносная пчела является полилектом, посещающим многие цветковые растения, при этом страдают олиго- и монолектные виды диких пчёл. В особенности это относится к видам, которые занимают одно экологическое пространство с медоносной пчелой (временные периоды активности, характерные места гнездования, высота полёта). Кроме того, случается, что при роении отводок улетает на особо охраняемую территорию, где поселяется в подходящем дупле, что неоднократно наблюдали в Хинганском заповеднике. При благоприятных условиях зимовкой может перезимовать, прижиться.

В окрестностях пасек происходит полное или частичное вытеснение диких пчёл рабочими особями *A. mellifera*, что подтверждают наши наблюдения. Учеты методом трансектов, проведен-

ные в июле 2000 г. в пойме р. Амур и в 2020 г. в пойме Зеи, показали, что домашние пчёлы вытесняли другие виды пчёл с цветущих растений на участках, расположенных вблизи пасек (табл.).

Анализ полученных данных подтвердил наибольшую активность медоносных пчёл на участке радиусом менее 2 км и вытеснение ими других видов, за исключением шмелей, которые встречались и непосредственно вблизи ульев. Наблюдалась более высокая плотность медоносных пчёл по сравнению с другими видами на участке радиусом 0,5–1 км, где возникала конкуренция за ресурсы питания. Несмотря на полное отсутствие шмелей в учетах на разнотравном лугу вблизи пасеки (около 200 м), отдельные особи шмелей активно работали на цветах одновременно с домашними пчелами на расстоянии от пасеки 50–100 м на обильно цветущих липах (*Tilia amurensis*). Начиная с расстояния в 500 м и более доля шмелей в учетах составляла 3,3%.

Пчёлы (надсемейство Apoidea: секция Apiformes), которых в мире насчитывается около 18 тыс. видов [9], являются чрезвычайно важными компонентами экосистем, благодаря которым поддерживается биоразнообразие. В Красную книгу России занесены 3 вида [7] из 385 видов обитающих на Дальнем Востоке диких пчёл, отнесённых к 47 родам из 6 семейств надсемейства Apoidea [1]. Как правило, пчёлы сложны для определения, за исключением самых крупных и ярких, которых на Дальнем Востоке немного.

Около 70% всех видов цветковых растений специализировано к опылению пчёлами.

Таблица

Соотношение *Apis mellifera* и диких пчёл в сборах в поймах рек Амур и Зея (Амурская область)

Table

The ratio of *Apis mellifera* and wild bees in collections in the floodplains of the Amur and Zeya rivers (Amur region)

Расстояние от пасеки, м	<i>Apis mellifera</i> в учетах, в %	
	Архаринский район (около 200 ульев)	Свободненский район (менее 50 ульев)
Около 100–200	100,0	98,1
400–500	96,7	87,7
1000	19,6	73,9
1500–2000	8,7	50,0
3000 м и более	0,0	14,3*

Примечание: * – вероятно, недалеко находилась другая пасека

По материалам «Международного договора о генетических ресурсах растений для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства. Продовольственная и сельскохозяйственная ООН. ...» [5], третья часть растений, которые входят в рацион питания человека, опыляются именно дикими пчёлами: «В последнее десятилетие международное сообщество всё в большей степени признает важное значение опылителей как одного из элементов разнообразия И вместе с тем появляется всё больше свидетельств потенциально серьезного сокращения популяций опылителей ...». Согласно последнему «Аннотированному каталогу перепончатокрылых насекомых России» [1], в каждом, даже северном регионе, насчитывается от 44 до 250 и более видов диких пчёл. Благополучие каждого из этих видов обеспечивается большим рядом разнообразных природных ресурсов: фенологические и ландшафтные условия, обилие объектов питания, наличие экологических ниш, место и ярус гнездования, высота полёта, наличие врагов и паразитов и др. Для особо охраняемых природных территорий основным ресурсом считается достаточная кормовая база, которая делится между разными видами опылителей в ходе напряженной борьбы. Не использованных ресурсов в природе не бывает. Вид выживает в сложных конкурентных условиях. Известный специалист по биологии диких пчёл В.Г. Радченко, отвечая на вопрос о влиянии медоносных пчёл на фауну диких пчёл в степных заповедниках, отметил, что: «При насыщении цветущих растений медоносными пчёлами они выбирают практически весь выделяемый цветками нектар, что вынуждает диких пчёл покидать такие участки, и при отсутствии альтернативных (кормовых) мест дикие пчёлы резко снижают свою продуктивность, поскольку вынуждены большую часть времени проводить в поисках корма, или просто погибают от голода, поскольку нектар является энергетическим ресурсом для жизнедеятельности взрослых диких пчёл» [2].

Понимание ситуации позволяет адекватно и однозначно оценить размещение пасек медоносных пчёл на особо охраняемых территориях как неприемлемое и вредное [3]: медоносная пчела – полилект, конкурент для каждого вида диких пчёл (а также ос, наездников, бабочек, некоторых жуков). Медоносные пчёлы собирают нектар и пыльцу в течение всего тёплого времени года (в Краснодарском крае даже зимой), а дикие пчёлы летают в определённый промежуток тёплого сезона (существует термин: срок лёта). Кроме того,

одна семья медоносной пчелы – это десятки тысячи насекомых (20–80 тыс.), что в условиях пасек многократно усиливает их преимущества над другими опылителями.

При размещении большого числа пасек по периметру особо охраняемой природной территории площадью 10–20 тыс. га (100–200 км², например, Антоновское лесничество Хинганского заповедника по периметру имеет охранную зону шириной 1 км и несколько пасек по границе ООПТ) и менее её земли полностью «накрываются» влиянием семей медоносной пчелы. Для разрешения этой угрожающей ситуации по отношению к естественной среде обитания животных-опылителей в этом случае требуется широкая охранная зона или зона с запретом размещения ульев и пасек (до 3–5 км шириной). Для больших по площади ООПТ (от 50 и более тыс. га – 500 км²) допустимо единичное размещение пасек в соответствующих зонах по периметру основной территории.

Публикация подготовлена при выполнении госзадания ФГБУ «Зейский государственный природный заповедник» № 051-00007-22-00.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Аннотированный каталог перепончатокрылых насекомых России. Т. 1. Сидячебрюхие (Symphyta) и жалоносные (Apoсrita: Aculeata) / под общ. ред. С.А. Белокобыльского, А.С. Лелея. СПб.: Русская коллекция, 2017. 475 с.
2. Борейко В.Е. Пасеки в заповедниках как грубое нарушение заповедного режима // Киевский эколого-культурный центр. URL: <http://ecoethics.ru/paseki-v-zapovednikah-kak-gruboe-narushenie-zapovednogo-rezhima/> (дата обращения: 10.02.2022).
3. Иванов С.П. О вреде содержания ульев с медоносной пчелой в заповедниках // Киевский эколого-культурный центр. URL: <http://ecoethics.ru/2014/01/> (дата обращения: 10.02.2022).
4. Лангстрот Л.Л. Пчела и улей / пер. с англ. А.А. Воровича, Т.А. Минакиной, Я.О. Ронинсона. М.: Колос, 1969. 506 с.
5. Опылители: заброшенное биоразнообразие, имеющее важное значение для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства // Международный договор о генетических ресурсах растений для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства. Продовольственная и сельскохозяйственная ООН. Третья сессия управляющего органа. Тунис, 1–5 июня 2009 г. URL: <https://www.fao.org/3/be104r/be104r.pdf> (дата обращения: 10.02.2022).
6. Положения о заповедниках и национальных парках // Электронный фонд правовой и нормативно-технической информации. URL: <https://docs.cntd.ru/> (дата обращения: 10.02.2022).
7. Приказ МПР от 24 марта 2020 года № 162 «Об утверждении Перечня объектов животного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации». URL: <https://docs.cntd.ru/document/564578614> (дата обращения: 10.02.2022).
8. Федеральный закон «Об особо охраняемых природных территориях» от 14.03.1995 г. № 33-ФЗ. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_6072/ (дата обращения: 10.02.2022).
9. Michener Ch.D. The Bees of the World. Second edition. Baltimore: John Hopkins University Press, 2007. 953 p.

REFERENCES:

1. *Annotirovannyj katalog pereponchatokrylyh nasekomyh Rossii* (Annotated catalogue of the Hymenoptera of Russia. Vol. 1. Symphyta and Apoсrita: Aculeata), S.A. Belokobyl'sky, A.S. Leley, Ed. Saint-Petersburg: Russkaya kolleksiya Publ., 2017. 475 p. (In Russ.).
2. Boreiko V.E. Paseki in the reserves as a gross violation of the reserve regime. *Kievskij ekologo-kul'turnyj centr*. Available at: <http://ecoethics.ru/paseki-v-zapovednikah-kak-gruboe-narushenie-zapovednogo-rezhima/> (accessed: 10.02.2022). (In Russ.).
3. Ivanov S.P. On the harm of keeping hives with honey bees in reserves. *Kievskij ekologo-kul'turnyj centr*. Available at: <http://ecoethics.ru/2014/01/> (accessed: 10.02.2022). (In Russ.).
4. Langstroth L.L. *Pchela i ulej* (Bee and hive), translation from the English A.A. Vorovich, T.A. Minakina, Y.O. Roninson. 1969. Moscow: Kolos Publ., 506 p. (In Russ.).
5. Pollinators: abandoned biodiversity important for food and agriculture. *Mezhdunarodnyj dogovor o geneticheskikh resursah rastenij dlya proizvodstva prodovol'stviya i vedeniya sel'skogo hozyajstva*. *Prodovol'stvennaya i sel'skohozyajstvennaya OON. Tret'ya sessiya upravlyayushchego organa*. Tunis, 1–5.06.2009 g. Available at: <https://www.fao.org/3/be104r/be104r.pdf> (accessed: 10.02.2022). (In Russ.).
6. Provisions on reserves and national parks. *Elektronnyj fond pravovoj i normativno-tekhnicheskoy informacii*. Available at: <https://docs.cntd.ru/> (accessed: 10.02.2022). (In Russ.).

7. *Prikaz MPR ot 24 marta 2020 goda № 162 «Ob utverzhdenii Perechnya ob"ektov zhivotnogo mira, zanesennyh v Krasnyu knigu Rossijskoj Federacii»*. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/564578614> (accessed: 10.02.2022). (In Russ.).
8. *Federal'nyj zakon «Ob osobo ohranyaemyh prirodnyh territoriyah» ot 14.03.1995 g. № 33-fz*. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_6072/ (accessed: 10.02.2022). (In Russ.).
9. Michener Ch.D. *The Bees of the World. Second edition*. Baltimore: John Hopkins University Press, 2007. 953 p.

PROTECTION OF WILD BEES IN RESERVES AND NATIONAL PARKS IN THE SOUTH OF THE RUSSIAN FAR EAST

E.V. Ignatenko

*In the article, the authors consider the issue of biological diversity protection in federal nature protection zones in the south of the Russian Far East. Nature reserves and national parks surrounded by cultivated land are refugiums for wild bees – unique pollinators of flowering plants. The authors have analyzed 17 Regulations on Institutions (reserves and national parks). It was revealed that in practice the requirement of federal legislation, regarding the preservation of the natural environment «in a natural state» in specially protected natural areas (SPNA) of federal significance and the ban on the introduction of animals, is violated. The provisions on natural reserves and national parks allow the location of beehives and apiaries with honey bees (*Apis mellifera*), which enters into competitive relations for fodder facilities with wild native species of bees, in their territories. However, the placement of apiaries of honey bees on protected areas is rated as unacceptable and harmful: the honey bee is a competitor for each type of pollinator, as only one bee family consists of tens of thousands insects providing their advantage over other pollinators. When placing apiaries at the perimeter of the protected area of 10–20 thousand hectares and less, its land is completely «covered» by the influence of honey bee families. To resolve this threatening situation, it is required a wide protection zone or zone with a ban on the placement of hives and apiaries (up to 3–5 km wide). For larger areas (from 50 thousand hectares or more), a single placement of apiaries at the perimeter of corresponding zones is permissible.*

Keywords: *Regulations on reserves and national parks, wild bees, honey bees, law «On specially protected natural areas» of 14.03.1995 № 33-fz.*

Reference: Ignatenko E.V. Protection of wild bees in reserves and national parks in the south of the Russian Far East. *Regional'nye problemy*, 2022, vol. 25, no. 1, pp. 44–48. (In Russ.). DOI: 10.31433/2618-9593-2022-25-1-44-48.

УДК 556.535(571.62)

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВОДНОГО РЕЖИМА РЕКИ АМУР ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ПРОГНОЗА

Г.В. Соколова

Институт горного дела ДВО РАН,
ул. Тургенева 51, г. Хабаровск, 680000,
e-mail: galvadsok@mail.ru

Амур судоходен на всем протяжении и для Дальневосточного региона имеет важное транспортное значение. В годы с низкими уровнями воды в весенне-летне-осенний период речное судоходство на Амуре терпит большие потери в экономике, снижаются объемы грузоперевозок и нарушается движение пассажирских судов, ухудшается работа водозаборов, затрудняется водоснабжение населения и предприятий. Материальный ущерб в Хабаровском крае иногда соизмерим с ущербом от наводнений. Более чем вековой период наблюдений за режимом Амура у Хабаровска позволил выполнить статистический анализ динамики характерных уровней воды в трех фазах водности: весеннее половодье, летняя межень и дождевые паводки. Климат территории с холодной сухой зимой и теплым влажным летом обуславливает в режиме Амура двойной максимум стока: пониженный весной и высокий летом. Примечательно, что оба максимума стока имеют устойчивую тенденцию понижения в динамике наивысших уровней воды за 1896–2021 гг. Однако высота волны весеннего половодья, в отличие от годовых максимумов, уменьшается в динамике более интенсивно (со скоростью 10–12 см/10 лет и 5–7 см/10 лет соответственно). Наименьшие уровни воды, наблюдаемые после прохождения волны половодья (период летней межени), имеют в динамике многолетний тренд, параллельный «весеннему» тренду. Подобная тенденция в режиме Амура связана с изменчивостью регионального климата и синхронна глобальному потеплению – повышению приземной температуры воздуха, что способствует увеличению испарения с водной поверхности и, следовательно, уменьшению речного стока. Выполненная оценка водного режима Амура в период судоходства дает возможность с помощью трендовых составляющих ориентироваться гидрологу-прогнозисту на распределение водности Амура в предстоящем сезоне.

Ключевые слова: река Амур, весенний максимум, летняя межень, годовой максимум, прогнозная оценка.

Образец цитирования: Соколова Г.В. Статистический анализ водного режима реки Амур для целей прогноза // Региональные проблемы. 2022. Т. 25, № 1. С. 49–61. DOI: 10.31433/2618-9593-2022-25-1-49-61.

Введение

Среди крупнейших речных бассейнов мира площадью более 1 млн. км² бассейн Амура занимает девятое место [28]. Наиболее удаленная точка Амура – исток реки Керулен, впадающей в Аргунь через оз. Далайнор и протоку Мутная. Протяженность водного пути речной системы Амур от истока р. Керулен до устья Амура составляет 5052 км, общая площадь 2 050 000 км² [33]. Впадая в Амурский лиман и Охотское море, Амур входит в десятку самых длинных рек (речных систем) земного шара [23]. Река протекает по территории трех государств – России, Китая и Монголии (рис. 1).

Согласно мировым оценкам, Амур – это единственная река в Северной Евразии, которая имеет отличительную, климатически обоснованную черту годового цикла с двумя максимумами стока. Первый максимум – пониженный, в мае–

июне (половодье за счет таяния снежного покрова и почвенной мерзлоты). Второй максимум – высокий, в августе–сентябре (максимум паводков, вызванный летним сезоном муссонных дождей) [36]. Изменчивость сезонного стока Амура обусловлена положением бассейна в неустойчивом регионе Северного полушария. Здесь сходятся две величайшие геосистемы – континент Евразии и Тихий океан, располагаются зона муссонной циркуляции и переходная климатическая зона от умеренных широт к тропикам.

Амур привлекает внимание к изучению сезонной изменчивости стока как объему пресной воды, стекающей в Охотское море и влияющей на его кислотно-щелочной баланс и, соответственно, на морские организмы. При увеличении частоты маловодий начинаются серьезные последствия для выживания горбуши в самый критичный пери-

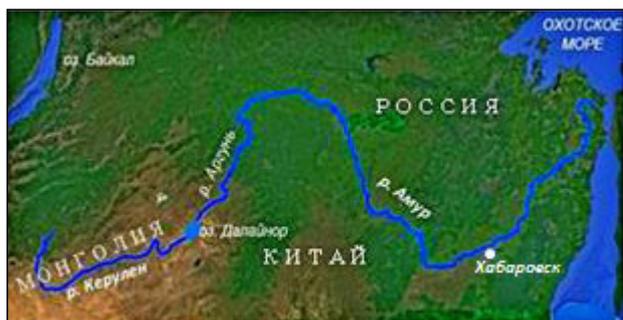


Рис. 1. Географическое положение реки Амур

Fig. 1. Geographical position of the Amur River

од жизни при выходе Амура в Охотское море [3]. Возникают неблагоприятные условия заполнения нерестилищ в бассейне Амура, что сказывается на объемах вылова лососевых [17]. Сток пресной воды из Амура напрямую влияет на соленость морской воды, которая в свою очередь влияет на сроки и толщину морского льда. Это имеет значение для морского рыболовства, разработок по добыче нефти и газа. Как отмечают японские ученые, связь между этими гидрологическими процессами (речной сток – морской лед) имеет отрицательную корреляцию, изменчивость которой возможна под влиянием синоптических процессов [37]. В годы с низкой летней меженью и продолжающимся маловодьем на Амуре страдают пойменные наиболее

продуктивные земли Среднего Амура. Страдают также и водно-болотные угодья, где останавливаются перелетные птицы и гнездятся краснокнижные журавли [41].

Летняя межень как гидрологическое явление имеет практическую значимость. На крупномасштабных топографических картах контуры речных русел очерчиваются по состоянию рек именно в летнюю межень. В этот период водный поток оптимально соответствует очертанию русла, так называемому «меженному руслу реки». Определение уклонов реки на участках русла производят по уровням воды также в период летней межени. При минимальном расходе в летнюю межень отмечается максимальная минерализация воды. Когда питание реки в летнюю межень происходит в основном за счет грунтовых вод, создаются благоприятные условия для изучения естественного гидрохимического состава воды и ее кислотно-щелочного баланса. Обеспечение речного судоходства Амура информацией об ожидаемых уровнях воды в летнюю межень и в период дождей паводков необходимо для определения соответствующих глубин на перекатах и плесах.

Актуальность данного исследования обусловлена увеличением в текущем столетии частоты лет с опасной низкой продолжительной летней меженью и предшествующей экстремально низкой высотой весеннего половодья (табл.). Этому

Таблица

Повторяемость и аномальные значения низких весенних половодий и летних межени
на Амуре у Хабаровска за 2000–2020 гг. и весь период наблюдений

Table

Frequency and anomalous values of low spring floods and summer low water periods
on the Amur near Khabarovsk for 2000–2020 and for the entire observation period

Годы	Краткое описание
2000–2003	Впервые (за 124 года наблюдений) четыре года подряд отмечается продолжительная летняя межень с отрицательными уровнями воды в июне и июле у Хабаровска с отметками в пределах от -34 до -127 см.
2003	(1) Экстремально низкое весеннее половодье с высотой волны у Хабаровска 21 см 8 июня (однако в 2008 г. пик половодья был еще ниже). (2) Экстраординарный минимум в начале межени с отметкой у Хабаровска -174 см 1 июня.
2004	Впервые (за 124 года наблюдений) наивысший уровень воды половодья был выше годового максимума более чем на два метра с отметкой у Хабаровска 433 см 2 июня.
2008	(1) Небывало низкое весеннее половодье с высотой волны у Хабаровска 4 см 6 июня. (2) Третья исторически низкая летняя межень (после 1979, 1982 и 2003 гг.) с минимумом у Хабаровска -130 см 10 июля.
2018	Третий исторический (за 124 года наблюдений) минимум в июне (после 2003 и 2008 гг.) с отметкой у Хабаровска -118 см 18 июня.

способствовало отсутствие объективной оценки и долговременной перспективы гидрологических опасностей.

Цель данной работы – исследовать режим Амура в трех фазах: половодье, межень и паводки для прогнозной оценки опасностей, связанных с низкими для судоходства и продолжительными уровнями воды.

Состояние вопроса

Согласно историческим данным, в Хабаровске еще в военные годы гидрологические прогнозы уровней воды Амура составляли специалисты сектора (затем отдела) гидропрогнозов при «Бюро погоды» Управления гидрометслужбы Дальнего Востока. Здесь долгое время хранилась историческая карта, на которой гидропрогнозисты флажками отмечали места отступлений Красной Армии, а с 1944 г. [21] – освобожденные от фашистов советские города.

В современных климатических условиях на реках преобладающей части России происходят значительные изменения в сезонном распределении стока, в частности, в увеличении меженного стока [32]. Однако речь в этой статье идет только о зимней межени, но не летней, изучаемой нами. Ожидается рост повторяемости высоких половодий, снегодождевых и дождевых паводков. Причем наряду с аномально высокой водностью рек повысится вероятность возникновения «...аномально маловодных лет и сезонов, а также их серий» [там же, с. 75].

Известны результаты исследований стокового и уровенного режимов Амура с целью прогноза, однако изучению летнего меженного стока не уделено внимания. С помощью ансамбля глобальных климатических моделей выполнена оценка возможных изменений стока крупных рек России, согласно которой к середине XXI века ожидаются наиболее значительные увеличения водных ресурсов [14]. Это относится к бассейнам Амура, Енисея, Лены и других крупных рек на северо-востоке страны. В соответствии со сценариями дальнейшего потепления климата на реках в южной части европейской России, по мнению авторов другой статьи [8], предполагается уменьшение годового стока.

Показана возможность изменения стока крупных рек земного шара (включая р. Лену, режим которой сравним с Амуром в фазе дождевых паводков) до конца XXI века [11]. Исследование выполнено на основе взаимодействия подстилающей поверхности суши с атмосферой и с учетом различных моделей общей циркуляции атмосферы

и океана. Ожидается, что к концу XXI века изменчивость годового стока, климатически обусловленная, будет меньше, чем обусловленная «погодным шумом» [там же, с. 85].

Появление новых видов данных, получаемых системами дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), позволяет применить эффективные методы для исследований. Так, в работе [38] выполнена калибровка гидрологической модели в бассейне Амура под влиянием климатических изменений. За 2000–2013 гг. параметры среды формирования стока – поверхностный сток, испарение, атмосферная и почвенная влага, грунтовые воды – обусловили изменчивость сезонного стока Амура. Как отмечают японские ученые в статье о сезонных и межгодовых колебаниях стока Амура, еще недостаточно знаний и публикаций о его гидроклиматических характеристиках [40]. Необходимо по мере увеличения рядов наблюдений продолжить исследования внутрисезонной и межгодовой изменчивости стока Амура под влиянием муссонных изменений.

Зарубежными исследователями выполнена оценка водных запасов 33 крупнейших речных бассейнов мира, рассчитанных по данным измерений гравитационных полей Земли спутника GRACE [36]. Авторы статьи выделяют Амур как одну из немногих рек мира, имеющих положительный тренд водных запасов речного бассейна. Подобная оценка распределения водных масс на суше позволяет проводить анализ баланса континентальных вод, изменчивости климата и окружающей среды.

Наиболее близка к изучению режима Амура разработанная модель воспроизведения суточного типового гидрографа с двумя максимумами стока, в ней в качестве входных данных задавались метеовеличины суточного разрешения [13]. Однако модель имеет те же погрешности расчета сезонного стока по климатическим моделям, которые отмечались ранее другими разработчиками [18]. По сравнению с фактическим стоком Амура модельные гидрографы показывают завышенный сток половодья, заниженный сток годового максимума и глубокую «впадину» между ними в сезон летней межени. Но это противоречит дальневосточному климату с преобладанием малоснежных зим и муссонных дождей. Поэтому гидрологи-прогнозисты Амура в период катастрофического наводнения 2013 г. продолжали пользоваться методами полувековой давности, не имея перед собой более надежных способов, как отмечается в работе [1].

В отдельные годы период понижения меженного стока прерывается рано начавшимися дождевыми паводками. В такие годы прерывистая летняя межень не соответствует критерию Р.А. Нежиховского [8, 19]. Согласно этому критерию, к летней межени относится период низкого стока, в течение которого объём стока не превышает 10–15 % общего годового объёма стока. Об этом сообщается также на web-сайте [15].

Материалы и методы исследования

Исследование режима трех взаимосвязанных фаз (половодье, межень и паводки) выполнено по данным гидропоста Хабаровск, учитывается сток крупных притоков Амура – Зеи, Буреи, Сунгари, Усури [20, 21]. Для оценки меженного стока (минимального в июне) использовалась природная закономерность: формирование стока за счет истощения русловых и подземных запасов воды [31]. В этом случае средний расход воды на Амуре у Хабаровска в июне может служить косвенным показателем запасов подземных вод.

Начиная с 1950-х гг. в Дальневосточном территориальном управлении по гидрометеорологии и контролю природной среды (ныне ФГБУ «Дальневосточное УГМС») оперативное обслуживание организаций краткосрочными гидропрогнозами выполнялось под руководством гидрометеоролога

Е.П. Тетерятниковой [24]. Ею разработаны практические способы прогнозирования уровней воды Амура и его притоков, которые нашли отражение в Руководстве по гидрологическому прогнозированию [22]. На разработки Е.П. Тетерятниковой продолжают ссылаться современные исследователи водных проблем Дальнего Востока [6], она включена в соавторы монографии [24]. В настоящем исследовании ее труды относятся к числу базовых по гидрологическому прогнозированию.

В 1960-х гг. Е.П. Тетерятниковой построена «Схема изохрон добегаия системы Амур» (рис. 2), на которой сохранились старинные названия гидропостов, подписанные ею вручную.

На эту схему и по сей день ориентируются гидропрогнозисты хабаровского ГМЦ. Время руслового добегаия (заблаговременность прогноза) между выше- и нижележащими постами на Амуре и притоках определялось нами по совмещенным графикам колебаний уровня воды на приточных и бесприточных участках. Гидропосты на реках, имеющие равные значения времени добегаия элементарного объема воды до замыкающего створа, соединялись (тоже вручную) плавными линиями – изохронами.

Разработки Е.П. Тетерятниковой актуальны и в настоящее время. Так, в период катастрофи-

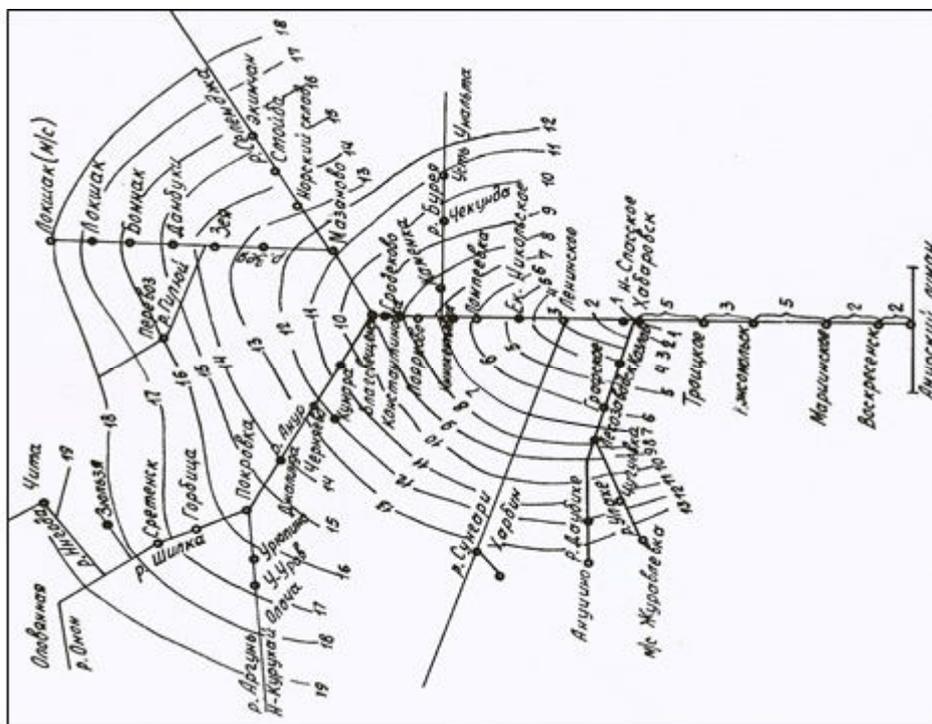


Рис. 2. Схема изохрон руслового добегаия водных масс речной системы Амур

Fig. 2. Scheme of isochrones of the channel run-through water of the Amur River system

ческого наводнения 2013 г. «...специалисты при составлении прогнозов вынуждены были работать вручную, пользуясь графическими зависимостями, не имея аналогов таких паводков в прошлом...» [1, с. 21]. Это были те самые графики соответственных уровней воды, способ построения которых на миллиметровой бумаге большого формата (примерно А1) разрабатывался Е.П. Тетерятниковой в 1960-х гг. На рис. 3 приведен пример такого графика, на который нанесены соответственные уровни воды Амура между постами Ленинское (учитывающим сток Сунгари) и Хабаровск (учитывающим сток Уссури). Расстояние между постами 10 934 км, время добегания, рассчитанное Е.П. Тетерятниковой, двое суток. С тех пор и по настоящее время по такой схеме составляются оперативные прогнозы уровня воды Амура у Хабаровска на двое суток. Траектории подъема и спада уровней воды давали ориентир движения при составлении прогноза уровней за период открытого русла. Это особенно важно в период наводнений и паводков,

летних маловодий и межелей.

В настоящее время схема изохрон руслового добегаания водных масс многими исследователями автоматизируется, оцифровывается на основе ГИС-технологий. Например, как представлено в разработанной модели тало-дождевого стока, представленной Гидрологическим инженерным центром (Инженерный корпус США) [16].

Исследования выполнены нами в два этапа работ по методу Джона Тьюки [30]: (1) Экспертная оценка с выявлением внутренних закономерностей, так называемый «Разведочный анализ»; (2) Объективная оценка на основе применения численного критерия (метод Нежиховского [17]) и спутниковой информации – «Подтверждающий анализ». Использована гидрологическая база данных о водном режиме Амура, сформированная под руководством Е.П. Тетерятниковой, которая дополнена из гидрологических ежегодников за 1930–1993 гг., (например, [8]), и веб-сайта ФГБУ «Дальневосточное УГМС» [16].

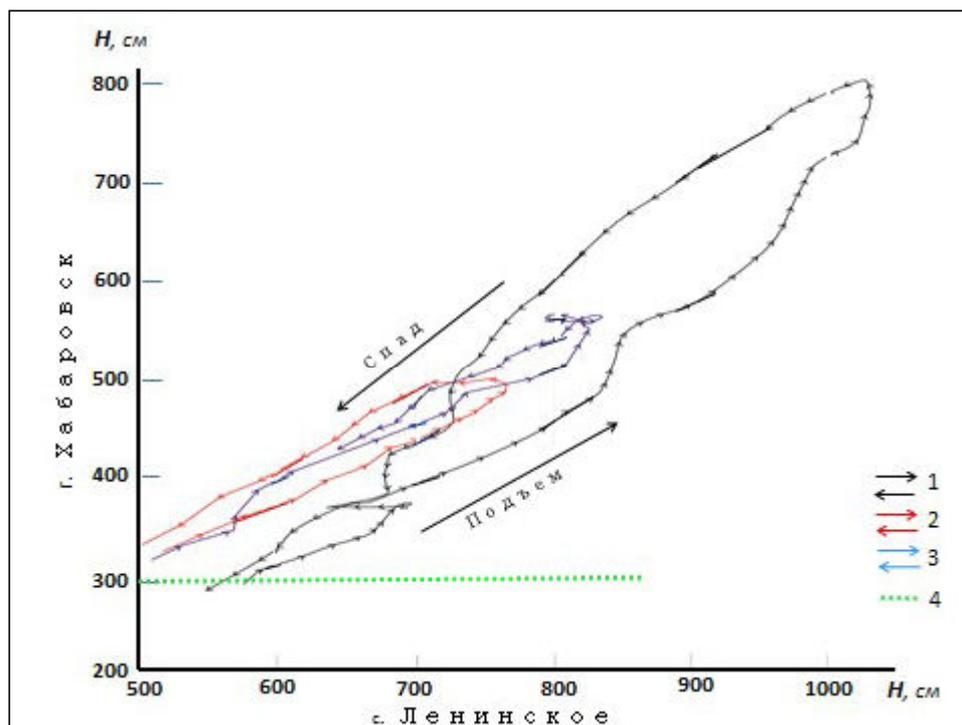


Рис. 3. Траектории соответственных уровней воды Амура между постами с. Ленинское – г. Хабаровск на подъеме и спаде при затоплении поймы в периоды наводнений: 1 – 2013 г. (период 13 июля – 19 октября); 2 – 2009 г. (период 17 июля – 12 августа); 3 – 1991 г. (период 27 июля – 9 сентября); 4 – выход воды на нижнюю пойму Амура по посту Хабаровск

Fig. 3. Trajectories of the appropriate Amur water levels on the inundated floodplain between the Lenin'skoye - Khabarovsk posts, at rise and fall of water, during the floods: 1 – 2013 (July 13 – October 19); 2 – 2009 (July 17 – August 12); 3 – 1991 (July 27 – September 9); 4 – water outlet to the Amur lower floodplain along the Khabarovsk post

Использован многолетний ряд наблюдений за уровнями воды – 126 лет (1896–2021 гг.), за сезон летней межени (июнь–июль) – 121 год (1901–2021 гг.). Вначале были рассчитаны нормы (средние многолетние значения) конкретных сроков (месяцев) прохождения данной фазы водного режима и наивысших/наинизших уровней воды в них.

От высоты волны половодья зависит «глубина» летней межени ($R^2 = 0,61$). У Хабаровска длительное понижение стока Амура обычно происходит со второй половины июня по первую половину июля. Для автоматизированной обработки данных мы приняли за продолжительность летней межени два летних месяца (июнь и июль) (R^2 между минимумами в этих месяцах равен 0,54). Для выборки необходимой информации из гидрологической базы данных мы придерживались общепринятой в гидрологии терминологии:

1. Половодье – фаза водного режима с прохождением снегодождевой паводка за период колебаний уровней воды: конец мая – июнь – первая половина июля.

2. Пик волны половодья – наивысший среднемесячный расход/уровень воды (а также срочный уровень воды), которые в 90% случаев (из 123 лет наблюдений) отмечаются в июне.

3. Летняя межень как сезон (июнь–июль) – фаза водного режима между пиками половодья и максимумами дождевых паводков.

4. Максимум дождевых паводков («дождевой» максимум) – наивысший срочный уровень воды в августе–сентябре. (Лишь в 5 случаях за 1901–2018 гг. (4% из 118 лет) дождевой максимум был во второй половине июля и в двух случаях (1926 и 1983 гг.) – в начале октября, однако это не нарушило принцип автоматизированной выборки дождевого максимума в августе–сентябре).

5. Годовой максимум – наивысший срочный уровень воды или наивысший среднемесячный уровень воды за период открытого русла (включая пик половодья, если он был годовым максимумом).

Обсуждение результатов

Обычно пик весеннего половодья на Амуре у Хабаровска проходит в конце мая – первой половине (или в начале) июня с преобладанием максимума в июне ($R^2=0,85$). Поэтому за оптимальный вариант автоматизированной выборки пика половодья нами принят наивысший уровень воды в июне. Весенние половодья на Амуре относят к снегодождевым паводкам с участием талого стока и частично стока дождевых вод. Высокие снегодо-

ждевые паводки обусловлены, во-первых, значительным увлажнением речного водосбора осенью (за октябрь–ноябрь). Во-вторых, накоплением зимой больших запасов воды в снеге (150–200% нормы) и, наконец, обильными осадками в виде дождя и мокрого снега (в апреле – мае, 150–200% нормы). При этом осадки весной в 1,5–2,0 раза могут превышать осадки зимнего периода. Нередко весеннее половодье проходит вначале при пониженном фоне температуры воздуха, т.е. в условиях неполного участия запасов снега. Затем с последующим резким потеплением вновь возобновляется подъем уровня воды и формируется вторая, более высокая волна половодья.

За более чем вековой период наблюдений за режимом Амура (1896–2021 гг.) в семи годах снегодождевой паводок вызывал наводнение с затоплением средней и высокой поймы Амура у Хабаровска. Из них в трех годах (1902, 1941, 1948 гг.) пики весенних паводков превышали максимум летне-осенних дождевых паводков на 0,1–1,0 м, а в ближайшем 2004 г. – более 2,0 м. Возникновению ранних наводнений на Амуре способствует продолжительное сохранение снега в горах (до конца мая – середины июня). Такие условия обычно складываются при холодной и влажной весне с аномалией температуры воздуха в апреле–мае до $-(1,0-2,0\text{ }^\circ\text{C})$.

После прохождения волны половодья начинается обычное для Амура понижение уровней воды до начала интенсивных дождей. В бассейне Амура нет выраженной границы начала дождей теплого периода года [29]. Однако, интенсивные осадки, выпадающие в западных районах бассейна Амура (основном водосборе), формируют крупные паводки в горном Верхнем Амуре. Сформированные в условиях горного рельефа, они проходят с исключительной быстротой и в значительной степени определяют высокую водность всего Амура.

Весной с нарастанием контраста в тепловом режиме северных и южных широт усиливается циклогенез в пределах бассейна Амура. К примеру, даже в апреле температура воздуха в бассейне Сунгари (Центральный Китай, правый приток Амура) может повыситься до $30\text{ }^\circ\text{C}$, тогда как северо-восточные районы бассейна Амура покрыты снегом. В теплых секторах циклонов на бассейн Амура начинают поступать воздушные массы с юга. Весной это довольно сухие массы воздуха, особенно при выносе их из районов Монголии (так называемые «сухие монгольские циклоны» [29]). Затем содержание влаги в них возрастает,

меняется характер процессов по мере прогрева континента, скорость смещения циклонов резко падает.

Условия потепления в период снегонакопления и формирования половодья способствуют уменьшению максимальных запасов воды в снежном покрове основных стокоформирующих горных областей бассейна Амура, в связи с чем по мере уплотнения снега уменьшается его отражательная способность, ухудшаются теплоизоляционные свойства (снег начинает лучше проводить теплоту). Более того, с увеличением дефицита влажности воздуха и притока тепла заметен рост сублимации (испарения) снега. С другой стороны, потепление климата в зимний период способствует уменьшению глубины сезонного промерзания почвы, увеличению инфильтрации влаги в почву в связи с увеличением ее дренирующих свойств. В итоге это приводит к уменьшению поверхностного и увеличению подземного стока в период снеготаяния. Все эти факторы, как следствие потепления климата в бассейне Амура [4, 18, 24, 25], играют ключевую роль в формировании еще более низких весенних половодий на Амуре.

Очевидно, что от режима Амура в фазе половодья зависит величина меженного стока. На это указывает статистическая «мера согласия» между пиком половодья и средним уровнем воды в летнюю межень, коэффициент детерминации R^2 , рассчитанный за 1901–2020 гг., равен 0,74. Однако практически отсутствует влияние талого стока на водный режим после прохождения фазы межени, когда решающая роль принадлежит дождевому стоку. Динамика характерных уровней воды Амура в рассматриваемых трех фазах водного режима (половодье, межень и паводки) имеет отрицательный тренд с 1901 г. по настоящее время (рис. 4). Причем более интенсивное падение тренда наблюдается в динамике минимальных уровней воды в летнюю межень. Коэффициент линейного тренда летней межени, параллельного тренду половодья, равен 120 см/100 лет, что указывает на долговременную, опасную, особенно для судоходства, перспективу водности Амура.

На фоне общей тенденции уменьшения максимумов в фазах «весеннее половодье» и «летне-осенние паводки» проявляется постепенное увеличение разрыва трендов в них. Высота поло-

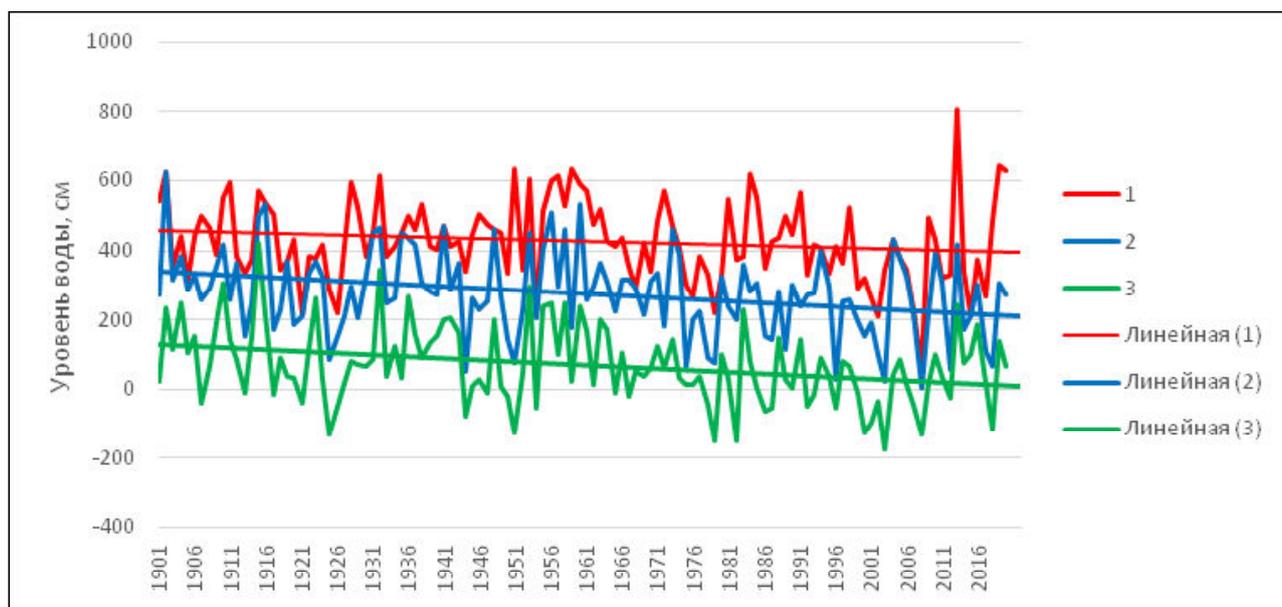


Рис. 4. Динамика характерных уровней воды Амура у Хабаровска в трех фазах водного режима за 1901–2020 гг.:

1 – наивысший уровень воды за период дождевых паводков; 2 – наивысший уровень воды весеннего половодья (июнь); 3 – наинизший уровень воды за период летней межени (июнь–июль). Прямые линии – тренды

Fig. 4. Dynamics of the Amur characteristic water levels near Khabarovsk, at three phases of the water regime, for 1901–2020:

1 – The highest water level during the rain floods period; 2 – The highest water level of the spring flood (June); 3 – The lowest water level for the summer dry season (June–July). Straight lines indicate trends

водья с каждым новым десятилетием уменьшается интенсивнее (со скоростью 10–12 см/10 лет), чем максимумы дождевых паводков в августе-сентябре (5–7 см/10 лет). Отсутствие параллельных трендов в динамике максимумов половодья и дождевых паводков (и наличие в системе «половодье – летняя межень») объясняют характерный для Амура двойной максимум стока: пониженный в половодье и наивысший в паводки. Это явление является следствием дальневосточного климата с малоснежной зимой и муссонными дождями.

Начиная с конца 1970-х гг. все чаще повторяются исключительно низкие уровни воды между пиком половодья и дождевым максимумом. Увеличивается частота повторяемости подобных отрицательных уровней воды (ниже нуля графика поста Хабаровск), свойственных обычно зимней межени, а не летней. Причем все чаще это опасное для судоходства гидрологическое явление повторяется несколько лет подряд. Так, аномально многолетний период с «глубокой» летней меженью наблюдался 5 лет подряд: в 1999–2000–2001–2002–2003 гг., а в последнем 2003 г. – экстремально низкий отрицательный уровень воды (-174 см 1 июня). Низкая межень отмечалась и в последующем двухлетии (2007–2008 гг.), затем отдельно в 2012 и 2018 гг.

Если рассматривать длительный период наблюдений за предшествующий 81 год (с 1896 по 1977 гг.), то именно продолжительная (в течение июня и июля) межень с отрицательными уровнями воды наблюдалась редко, – всего в четырех годах: 1925, 1926, 1944 и 1951 гг. В то же время низкая

летняя межень в течение двух лет подряд наблюдалась еще реже, всего в одном двухлетии: в 1925 и 1926 гг., в отличие от последующих 43 лет (с 1978 по текущее лето 2021 г.), когда продолжительно низкая межень наблюдалась в двенадцати годах (рис. 5). В те восемь десятилетий режим Амура был естественным, не нарушенным в первую очередь сооружением Зейского водохранилища и его наполнением в 1970-х гг. [4, 39]. Отсюда следует, что менее чем за полвека увеличивается повторяемость низкой и продолжительной межени. Причем наблюдается это опасное для судоходства гидрологическое явление в среднем каждые три года.

Выводы

По данным гидропоста Хабаровск с 1896 г. исследован режим Амура в трех водных фазах реки: половодье – летняя межень – дождевые паводки (включая наводнения и летние маловодья) с целью прогноза возможных опасностей для судоходства. Выявлено, что высота половодья в динамике с каждым новым десятилетием уменьшается интенсивно со скоростью 10–12 см/10 лет. В то же время максимумы дождевых паводков, включая наводнения в августе-сентябре, уменьшаются менее интенсивно: 5–7 см/10 лет. Полученные выводы объясняют характерный для режима Амура двойной максимум стока как следствие дальневосточного климата с малоснежной зимой и муссонными дождями.

Безусловно, тенденция понижения водности Амура за более чем вековой период наблюдений связана с изменчивостью климата в бассейне Амура [5, 18, 24, 25]. В целом это синхронно гло-

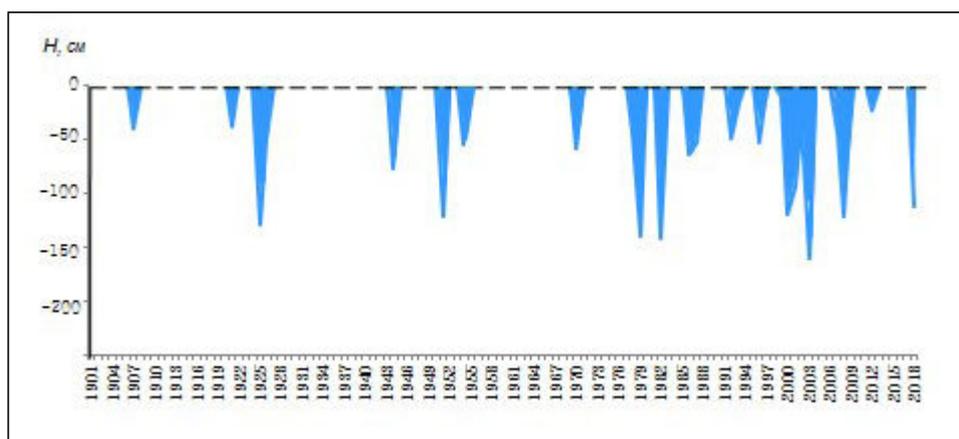


Рис. 5. Годы с продолжительной летней меженью на Амуре у Хабаровска и отрицательными уровнями воды за 1901–2021 гг.

Fig. 5. Years with a long summer low-water period and negative water levels for 1901–2021 on the Amur near Khabarovsk

бальному потеплению – повышению приземной температуры, что способствует увеличению испарения с водной поверхности и, следовательно, уменьшению речного стока. На эти же факторы, способствующие изменчивости водных ресурсов на всей территории России, ссылаются авторы статьи [32].

Выполненная оценка режима Амура в период речного судоходства дает возможность гидрологу-прогнозисту с помощью трендовых составляющих ориентироваться на распределение водности Амура в будущем сезоне. С определённой долей вероятности можно предполагать, что подобная тенденция понижения уровней воды в трех фазах режима Амура у Хабаровска будет сохраняться и на следующий год.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Агеева С.А., Бобрикова И.В., Вербицкая Е.М., Ефремова Н.Ф., Романский С.О. Причины и особенности формирования катастрофического наводнения на Амуре летом 2013 г. // Водные и экологические проблемы, преобразование экосистем в условиях глобального изменения климата: Всерос. конф. V Дружининские чтения: сб. докл. Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2014. С. 18–21. URL: <http://iver.as.khb.ru/Meropriya/Foto/2014/V%20Дружининские%20чтения-Сборник.pdf> (дата обращения: 24.02.2022).
2. Амур // Википедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Амур> (дата обращения: 24.02.2022).
3. Белкин И.М. Влияние закисления (ацидификации) океана на морское рыболовство России (аналитический обзор) // Рыбное хозяйство. 2017. № 3. С. 21–32.
4. Болгов М.В., Коробкина Е.А., Осипова Н.В., Филиппова И.А. Анализ многолетней изменчивости и оценка максимальных уровней воды в условиях увеличившейся антропогенной нагрузки на примере р. Амур // Метеорология и гидрология. 2016. № 8. С. 80–89.
5. Болгов М.В., Трубецкова М.Д., Филиппова И.А. Современные изменения климатических характеристик в бассейне Амура // Научное обеспечение реализации «Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 года»: сб. тр. Всерос. науч. конф. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2015. Т. 1. С. 87–93.
6. Бортин Н.Н., Милаев В.М. Исследование многолетней динамики и схема сверхдолгосрочного прогноза наводнений на реке Амур // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2014. № 4. С. 45–59.
7. Георгиевский Ю.М., Коронкевич Н.И., Алексеевский Н.И. Водные ресурсы и гидрологический режим рек РФ в условиях изменения климата // Пленарные доклады VII Всерос. гидрологического съезда. СПб.: ГГИ, 2014. С. 79–102.
8. Государственный водный кадастр. Разд. 1. Поверхностные воды. Сер. 2. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 1979 г. Ч. 1. Реки и каналы. Ч. 2. Озера и водохранилища. Т. 9. Вып. 0-5. (Бассейн реки Амур). Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1981.
9. Гусев Е.М., Насонова О.Н., Ковалев Е.Н., Айзель Г.В. Влияние возможного изменения климата на сток рек, расположенных в разных регионах земного шара // Метеорология и гидрология. 2018. № 6. С. 77–86.
10. Интерактивная карта гидрологической информации // ФГБУ «Дальневосточное УГМС». URL: <http://khabmeteo.ru/cgi-bin/gidrolog.cgi> (дата обращения: 24.02.2022).
11. Калугин А.С. Модель формирования стока реки Амур и ее применение для оценки возможных изменений водного режима: дис. ... канд. геогр. наук. М.: ИВП РАН, 2016. 184 с.
12. Катцов В.М., Говоркова В.А. Ожидаемые изменения приземной температуры воздуха, осадков и годового стока на территории России в XXI веке: результаты расчетов с помощью ансамбля глобальных климатических моделей (CMIP-5) // Труды ГГО. 2013. Вып. 569. С. 75–97.
13. Коцюк Д. Амур – одна из крупнейших рек мира с уникальной ихтиофауной // Звезда Приамурья. 2017. № 4. С. 9–12.
14. Мохов И.И., Хон В.Ч., Тимажев А.В., Чернокульский А.В., Семенов В.А. Гидрологические аномалии и тенденции изменения в бассейне р. Амур в связи с климатическими изменениями // Экстремальные паводки в бассейне р. Амур: причины, прогнозы, рекомендации: сб. докл. М.: Росгидромет, 2014. С. 81–120.
15. Межень // Википедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Межень> (дата обращения: 24.02.2022).
16. Модель тало-дождевого стока HEC-HMS (Jonction «G_DarRiver_Darivill») Resultse for Run «Event 1996». URL: <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/> (дата обращения: 24.02.2022).
17. Нежиховский Р.А. Руслевая сеть бассейна и процесс формирования стока воды (методиче-

- ские основы и практика прогнозов паводочно-го стока рек). Л.: Гидрометеиздат, 1971. 476 с.
18. Новороцкий П.В. Климатические изменения в бассейне Амура за последние 115 лет // Метеорология и гидрология. 2007. № 2. С. 43–53.
 19. Прямыцын В.Н. Решения Государственного комитета обороны СССР в сфере гидрометеорологии (1941–1945 гг.) // Метеорология и гидрология. 2018. № 5. С. 113–115.
 20. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 18. Дальний Восток. Вып. 1. Верхний и Средний Амур. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 781 с.
 21. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 18. Дальний Восток. Вып. 2. Нижний Амур Л.: Гидрометеиздат, 1970. 592 с.
 22. Руководство по гидрологическим прогнозам. Вып. 2. Долгосрочные прогнозы элементов водного режима рек и водохранилищ. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 247 с.
 23. Самые длинные реки планеты // Блог Inima. URL: <https://inima.org/2016/samye-dlinnye-reki-planet/> (дата обращения: 24.02.2022).
 24. Соколова Г.В. К разработке долгосрочного агроклиматического прогноза опасных для урожайности явлений (на примере Дальнего Востока) // Международный сельскохозяйственный журнал. 2016. № 6. С. 48–53.
 25. Соколова Г.В. Предполагаемый сценарий локальных климатических изменений и их последствия для Амура // Природные ресурсы и экология дальневосточного региона: материалы II междунар. форума. Хабаровск: ТОГУ. 2017. Вып. 2. С. 63–68. URL: https://pnu.edu.ru/media/filer_public/97/a0/97a09ee4-d826-4bfa-b6e9-d17ff0ede6d8/digest-2017.pdf (дата обращения: 24.02.2022).
 26. Соколова Г.В. Тетерятникова Екатерина Панфиловна // Отечественные гидрологи XX в. Историко-биографическое описание: монография / под ред. Д.Е. Клименко. Екатеринбург: Уральский рабочий, 2018. С. 746–748.
 27. Соколова Г.В., Тетерятникова Е.П. Проблемы долгосрочного прогнозирования пожарной опасности в лесах Хабаровского края и Еврейской автономной области по метеорологическим условиям. Хабаровск: ДВО РАН, 2008. 150 с.
 28. Справочные материалы. 20 крупнейших речных бассейнов мира (площадью более 1 млн. км²) // География. М.: Первое сентября, 2003. № 37. URL: <http://geo.1september.ru/article.php?ID=200303706> (дата обращения: 24.02.2022).
 29. Тетерятникова Е.П. Проблемы долгосрочных гидрологических прогнозов в бассейне Амура на основе учета аэросиноптических материалов. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 104 с.
 30. Тьюки Джон. Анализ результатов наблюдений. Разведочный анализ: пер. с англ. М.: Мир, 1981. 692 с.
 31. Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам / сост. Н.Ф. Бефани, Г.П. Калинин. Л.: Гидрометеиздат. 1965. 439 с.
 32. Фролов А.В., Георгиевский В.Ю. Изменения водных ресурсов в условиях потепления климата и их влияние на приток к крупным водохранилищам России // Метеорология и гидрология. 2018. № 6. С. 67–76.
 33. Чрезвычайное положение Хабаровский край. Наводнение 2013 г. // Форум Хабаровска. URL: <http://www.astronet.ru/db/msg/1192178/p1ch24b.html> (дата обращения: 24.02.2022).
 34. Forootan E., Schumacher M., Mehrnegar N., Bezděk A., Talpe M.J., Farzaneh S., Zhang C., Zhang Y., Shum C.K. An Iterative ICA-Based Reconstruction Method to Produce Consistent Time-VARIABLE Total Water Storage Fields Using GRACE and Swarm Satellite Data // Remote Sensing. 2020. Vol. 12, N 10. 1639.
 35. Masuda K., Hashimoto Y., Matsuyama H., Oki T. Seasonal cycle of water storage in major river basins of the world // Geophysical Research Letters. 2021. Vol. 28, N 16. P. 3215–3218. DOI: 10.1029/2000GL012444.
 36. Ogi M., Tachibana Y. Influence of the annual Arctic Oscillation on the negative correlation between Okhotsk Sea ice and Amur River discharge // Geophysical Research Letters. 2006. Vol. 33. N 8. L08709. DOI: 10.1029/2006GL025838.
 37. Semenov E.K., Sokolikhina N.N., Tatarinovich E.V. Monsoon circulation over the Amur basin during periods of catastrophic flooding and an abnormally dry summer season // Russian meteorology and hydrology. 2017. Vol. 42, N 3. P. 141–149.
 38. Shilun Z., Wanchang Z. Calibration and validation of a semi-distributed hydrological model in the Amur River Basin using remote sensing data // Proc. SPIE Vol. 10421, Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology XIX. 2017. 1042104
 39. Sokolova G.V. Analysis of the Amur water regime for the period before the catastrophic flood in 2013 // Russian meteorology and hydrology. 2015. Vol. 40, N 7. P. 477–479.

40. Tachibana Y., Oshima K., Ogi M. Seasonal and interannual variations of Amur River discharge and their relationships to large-scale atmospheric patterns and moisture fluxes // *Journal of Geophysical Research Atmospheres*. 2008. Vol. 113. D16102. DOI: 10.1029/2007JD009555.
41. Wieland H., Daronja T., Sokolova G.V., Tamaki K. Increased Populations of Endangered Cranes after Amur River Flood // *Waterbirds*. 2017. Vol. 40, N 3. P. 282–288.
- REFERENCES:
- Ageeva S.V., Bobrikova I.V., Verbitskaya E.M., Efremova N.F., Romanskiy S.O. The 2013 Amur River Catastrophic Flood: Causes and Features, in *Vodnye i ekologicheskie problemy, preobrazovanie ekosistem v usloviyakh global'nogo izmeneniya klimata: Vseros. konf. V Druzhininskie chteniya: sb. dokl.* (Water and Ecological Problems, Ecosystems Transformations under the Global Climate Change). Khabarovsk, IVEP FEB RAS, 2014, pp. 18–21. (In Russ.).
 - Amur. *Vikipediya*. Available at: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Амур> (accessed: 24.02.2022). (In Russ.).
 - Belkin I.M. Impact of Ocean Acidification on Marine Fisheries of Russia (an Analytical Review). *Rybnoe khozyaistvo*, 2017, no. 3, pp. 21–32. (In Russ.).
 - Bolgov M.V., Korobkina E.A., Osipova N.V., Filippova I.A. The Analysis of Long-Term Variability and Estimation of the Maximum Water Levels Under Conditions of High Anthropogenic Impact for the Amur River. *Meteorologiya i gidrologiya*, 2016, no. 8, pp. 80–89. (In Russ.).
 - Bolgov M.V., Trubeckova M.D., Filippova I.A. Modern Changes in Climatic Characteristics in the Amur Basin, in *Nauchnoe obespechenie realizatsii «Vodnoi strategii Rossiiskoi Federatsii na period do 2020 goda»: sb. tr. Vseros. nauch. konf.* (Scientific support for the implementation of the «Water Strategy of the Russian Federation for the period up to 2020»). Petrozavodsk: KarRC RAS, 2015, vol. 1, pp. 87–93. (In Russ.).
 - Bortin N.N., Milayev V.M. Examination of the Long-Term Dynamics and the Scheme of Super-Longterm Forecast for Inundation on the Amur River. *Vodnoe khozyaistvo Rossii: problema, tekhnologii, upravlenie*, 2014, no. 4, pp. 45–59. (In Russ.).
 - Georgievskii Y.M., Koronkevich N.I., Alekseevskii N.I. Water resources and the hydrological regime of the rivers of the Russian Federation in the conditions of climate change, in *Plenarnye doklady VII Vseros. gidrologicheskogo s"ezda* (Plenary reports VII Vsros. hydrological congress). St. Petersburg: GGI, 2014, pp. 79–102. (In Russ.).
 - Gosudarstvennyi vodnyi kadastr. Razd. 1. Pov-erkhnostnye vody. Ser. 2. Ezhegodnye dannye o rezhime i resursakh poverkhnostnykh vod sushy. 1979 g. Ch. 1. Reki i kanaly. Ch. 2. Ozera i vodokhranilishcha. T. 9. Vyp. 0-5. (Bassein reki Amur)* (State Water Cadastre. Section 1. Surface waters. Series 2. Annual data on the regime and resources of land surface waters. 1979 Part 1. Rivers and canals. Part 2. Lakes and reservoirs. Vol. 9. Issue 0-5. (Amur River basin)). Obninsk: VNIIGMI-MCD, 1981. (In Russ.).
 - Gusev E.M., Nasonova O.N., Kovalev E.N., Aizel G.V. Possible Climate Change Impact on River Runoff in the Different Regions of the Globe. *Meteorologiya i gidrologiya*, 2018, no. 6, pp. 77–86. (In Russ.).
 - Interactive map of hydrological information. *FGBU «Dal'nevostochnoe UGMS»*. Available at: <http://khabmeteo.ru/cgi-bin/gidrolog.cgi> (accessed: 24.02.2022). (In Russ.).
 - Kalugin A.S. The Amur River flow formation model and its application to assess possible changes in the water regime. Dissertation of cand. (geogr.). Moscow: IVP RAS, 2016. 184 p. (In Russ.).
 - Kattsov V.M., Govorkova V.A. Expected Surface Air Temperature, Precipitation and Annual Runoff Changes over the Territory of Russia: Projections with an Ensemble of Global Climate Models (Cmip5). *Trudy GGO*, 2013, no. 569, pp. 75–97. (In Russ.).
 - Kotsyuk D. Amur is one of the largest rivers in the world with a unique ichthyofauna. *Zvezda Priamur'ya*. 2017, no. 4, pp. 9–12. (In Russ.).
 - Mokhov I.I., Khon V.Ch., Timazhev A.V., Chernokul'skii A.V., Semenov V.A. Hydrological anomalies and trends in the Amur River basin due to climatic changes, in *Ekstremal'nye pavadki v basseine r. Amur: prichiny, prognozy, rekomendatsii: sb. dokl.* (Extreme floods in the Amur River basin: causes, forecasts, recommendations). Moscow: Rosgidromet Publ., 2014, pp. 81–120. (In Russ.).
 - Mezhen'. *Vikipediya*. Available at: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Межень> (accessed: 24.02.2022). (In Russ.).
 - Model' talo-dozhdevogo stoka HEC-HMS* (Jonction «G_DarRiver_Darivill») Resultse for Run «Event 1996». Available at: <http://www.hec>

- usace.army.mil/software/hec-hms/ (accessed: 24.02.2022). (In Russ.).
17. Nezhikhovskiy R.A. *Ruslovaya set' basseina i protsess formirovaniya stoka vody (metodicheskie osnovy i praktika prognozov pavodochnogo stoka rek)* (Riverbed network of the basin and the process of formation of water flow (methodological foundations and practice of forecasts of flood flow of rivers)). Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1971. 476 p. (In Russ.).
 18. Novorotskii P.V. Climate Changes in the Amur River Basin in the Last 115 Years. *Meteorologiya i gidrologiya*, 2007, no. 2, pp. 43–53. (In Russ.).
 19. Pryamitsyn V.N. Decisions of the USSR State Defense Committee in the Field of Hydrometeorology (1941–1945). *Meteorologiya i gidrologiya*, 2018, no. 5, pp. 113–115. (In Russ.).
 20. *Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. T. 18. Dal'nii Vostok. Vyp. 1. Verkhonii i Srednii Amur* (Surface water resources of the USSR. Vol. 18. Far East. Issue 1. Upper and Middle Amur). Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1966. 781 p. (In Russ.).
 21. *Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. T. 18. Dal'nii Vostok. Vyp. 2. Nizhnii Amur* (Surface water resources of the USSR. Vol. 18. Far East. Vol. 2. Nizhny Amur). Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1970. 592 p. (In Russ.).
 22. *Rukovodstvo po gidrologicheskim prognozam. Vyp. 2. Dolgosrochnye prognozy elementov vodnogo rezhima rek i vodokhranilishch* (Guide to hydrological forecasts. Issue 2. Long-term forecasts of elements of the water regime of rivers and reservoirs). Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1989. 247 p. (In Russ.).
 23. Samye dlinnye reki planet. *Blog Inima*. Available at: <https://inima.org/2016/samye-dlinnye-reki-planet/> (accessed: 24.02.2022). (In Russ.).
 24. Sokolova G.V. Towards the development of a long-term agro-climatic forecast of crop hazards (on the example of the Far East). *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal*, 2016, no. 6, pp. 48–53. (In Russ.).
 25. Sokolova G.V. The assumed scenario of local climatic changes and their consequences for the Amur, in *Prirodnye resursy i ekologiya dal'nevostochnogo regiona: materialy II mezhdunar. foruma* (Natural resources and ecology of the Far Eastern region: materials of the II International. forum). Khabarovsk: PNU, 2017, no. 2, pp. 63–68. (In Russ.).
 26. Sokolova G.V. Teteryatnikova Ekaterina Panfilovna, in *Otechestvennye gidrologi XX v. Istoriko-biograficheskoe opisanie: monografiya, pod red. D.E. Klimenko* (Domestic hydrologists of the XX century. Historical and biographical description: monograph), Klimenko D.E., Ed. Yekaterinburg: Ural'skii rabochii Publ., 2018, pp. 746–748. (In Russ.).
 27. Sokolova G.V., Teteryatnikova E.P. *Problemy dolgosrochnogo prognozirovaniya pozharnoi opasnostivlesakhKhabarovskogokrayaiEvreiskoi avtonomnoi oblasti po meteorologicheskim usloviyam* (Problems of long-term forecasting of fire danger in the forests of the Khabarovsk Territory and the Jewish Autonomous Region by meteorological conditions). Khabarovsk: FEB RAS, 2008. 150 p. (In Russ.).
 28. Reference materials. 20 largest river basins in the world (with an area of more than 1 million km²). *Geografiya*, 2003, no. 37. Available at: <http://geo.1september.ru/article.php?ID=200303706> (accessed: 24.02.2022). (In Russ.).
 29. Teteryatnikova E.P. *Problemy dolgosrochnykh gidrologicheskikh prognozov v basseine Amura na osnove ucheta aerosinopticheskikh materialov* (Problems of long-term hydrological forecasts in the Amur basin based on aerosynoptic materials). Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1985. 104 p. (In Russ.).
 30. Tukey John. *Analiz rezul'tatov nabljudenij. Razvedochnyj analiz: per. s angl.* (Exploratory data analysis). Moscow: Mir Publ., 1981. 692 p. (In Russ.).
 31. *Uprazhneniya i metodicheskie razrabotki po gidrologicheskim prognozam*, sost. N.F. Befani, G.P. Kalinin (Exercises and methodological developments on hydrological forecasts), Befani N.F., Kalinin G.P., comp. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1965. 439 p. (In Russ.).
 32. Frolov A.V., Georgievskii V.Y. Changes in Water Resources Under Conditions of Climate Warming and Their Impact on Water Inflow to Russian Large Reservoirs. *Meteorologiya i gidrologiya*. 2018, no. 6, pp. 67–76. (In Russ.).
 33. State of emergency Khabarovsk Territory. Flood of 2013. *Forum Habarovska*. Available at: <http://www.astronet.ru/db/msg/1192178/p1ch24b.html> (accessed: 24.02.2022). (In Russ.).
 34. Forootan E., Schumacher M., Mehrnegar N., Bezděk A., Talpe M.J., Farzaneh S., Zhang C., Zhang Y., Shum C.K. An Iterative ICA-Based Reconstruction Method to Produce Consistent Time-Variable Total Water Storage Fields Using GRACE and Swarm Satellite Data. *Remote Sensing*, 2020, vol. 12, no. 10. 1639.

35. Masuda K., Hashimoto Y., Matsuyama H., Oki T. Seasonal cycle of water storage in major river basins of the world. *Geophysical Research Letters*, 2021, vol. 28, no. 16, pp. 3215–3218. DOI: 10.1029/2000GL012444.
36. Ogi M., Tachibana Y. Influence of the annual Arctic Oscillation on the negative correlation between Okhotsk Sea ice and Amur River discharge. *Geophysical Research Letters*, 2006, vol. 33, no. 8, L08709. DOI: 10.1029/2006GL025838.
37. Semenov E.K., Sokolikhina N.N., Tatarinovich E.V. Monsoon circulation over the Amur basin during periods of catastrophic flooding and an abnormally dry summer season. *Russian meteorology and hydrology*, 2017, vol. 42, no. 3, pp. 141–149.
38. Shilun Z., Wanchang Z. Calibration and validation of a semi-distributed hydrological model in the Amur River Basin using remote sensing data. *Proc. SPIE Vol. 10421, Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology XIX*. 2017. 1042104
39. Sokolova G.V. Analysis of the Amur water regime for the period before the catastrophic flood in 2013. *Russian meteorology and hydrology*, 2015, vol. 40, no. 7, pp. 477–479.
40. Tachibana Y., Oshima K., Ogi M. Seasonal and interannual variations of Amur River discharge and their relationships to large-scale atmospheric patterns and moisture fluxes. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 2008, vol. 113, D16102. DOI: 10.1029/2007JD009555.
41. Wieland H., Daronja T., Sokolova G.V., Tamaki K. Increased Populations of Endangered Cranes after Amur River Flood. *Waterbirds*, 2017, vol. 40, no. 3, pp. 282–288.

STATISTICAL ANALYSIS OF THE AMUR RIVER WATER REGIME FORECAST

G.V. Sokolova

The Amur is navigable along its entire length, and it has a great transport importance for the Far East region. In years with spring-summer-autumn periods of low water level, the Amur River navigation suffers great economic losses. In such years, the volume of cargo transportation and the movement of passenger ships are disrupted, the work of water intakes deteriorates, and water supply to the population and enterprises is hampered. In the Khabarovsk Territory, material damage is sometimes commensurate with the damage from floods. More than a century of observations of the Amur regime near Khabarovsk made it possible to carry out a statistical analysis of the characteristic water level dynamics in three water phases: spring flood, summer low-water period and rain floods. The territory climate with cold dry winters and warm humid summers determines a dual maximum runoff in the Amur regime, reduced in spring and high in summer. It is noteworthy that both maximum runoffs have a steady downward trend in the dynamics of the highest water levels for 1896–2021. However, the height of the spring flood wave, in contrast to the annual maximums, decreases in dynamics more intensively (at a rate of 10–12 cm / 10 years and 5–7 cm / 10 years, respectively). The lowest water levels observed after the flood wave (summer low water period) have a long-term trend in dynamics, parallel to the spring trend. A similar trend in the Amur regime is associated with the variability of the regional climate and is synchronous with global warming characterized by an increase in surface air temperature, which contributes to an increase in evaporation from the water surface, and therefore, to a decrease in river runoff. The performed assessment of the Amur water regime during the navigation period makes it possible, by means of trend components, to orient the hydrologist-forecaster on the distribution of the Amur water content in the coming season.

Keywords: Amur River, spring maximum, summer low water, annual maximum, forecast estimation.

Reference: Sokolova G.V. Statistical analysis of the Amur River water regime forecast. *Regional'nye problemy*, 2022, vol. 25, no. 1, pp. 49–61. (In Russ.). DOI: 10.31433/2618-9593-2022-25-1-49-61.

УДК 551.4:911.2(571.6)

ГЕОСИСТЕМЫ И ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ЧЕРТЫ ИХ РАЗВИТИЯ (НА ПРИМЕРЕ РОССИЙСКОГО ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА)

Г.П. Скрыльник

Тихоокеанский институт географии ДВО РАН,
ул. Радио 7, г. Владивосток, 690041,
e-mail: skrylnik@tigdvo.ru

В развитии геосистем отражены различные формы пространства и времени. Геосистемы, как основные составляющие географической оболочки, лежат в масштабах географического пространства и их развитие протекает в рамках географического времени.

Цель исследования – рассмотреть все существующие категории пространства и времени. При этом на основе опубликованных материалов и тематических авторских разработок проследить особенности отражения пространственных черт и свойств времени в развитии геосистем.

При выяснении различных аспектов в рамках избранной темы использованы данные многолетних исследований автора на Дальнем Востоке и доступные литературные источники.

При анализе темы были применены методы из ряда сквозных направлений изучения комплексной физико-географической оболочки (сравнительно-географический, информационный, палеогеографический), разработанных академиком К.К. Марковым с соавторами.

Геосистемы, как иерархически строго соподчиненные природные целостности в рамках географической оболочки, отличаются контрастной пространственной (и по горизонтали, и по вертикали) и временной упорядоченностью, причинно согласующейся с основными (каркасными) уровнями их организации – локальными или топологическими, региональными, континентальными и глобальными.

Уровни устойчивости и пластичности общих геосистем не беспредельны, так как главные резервы ответственны от геоморфологических (из-за консервативности) и фитосистем (из-за пластичности) в конечном счете все же ограничены. Вероятно, сейчас они часто находятся у своего предела, о чем и свидетельствует, в частности, направленное увеличение природных, а в условиях антропогенного «пресса» и техногенных катастроф.

В современной практике географических исследований пространство и время обычно принимаются как физические категории. В то же время эту проблему, по нашему мнению, следует рассматривать в расширительном плане, что позволяет выявить и другие их категории. В случае рационального природопользования категории времени и пространства всегда нравственные. В противном случае его составляющая «рациональное» исчезает и природопользование превращается в антинравственное.

Ключевые слова: Дальний Восток, время, пространство, критерии физические и нравственные, рациональное и нерациональное природопользование.

Образец цитирования: Скрыльник Г.П. Геосистемы и пространственно-временные черты их развития (на примере российского Дальнего Востока) // Региональные проблемы. 2022. Т. 25, № 1. С. 62–73. DOI: 10.31433/2618-9593-2022-25-1-62-73.

Введение

Общее развитие геосистем (ГС) Дальнего Востока протекает под громадным, но противоречивым по своему характеру двойным влиянием континента и океана. Такое влияние, проявляющееся прямо или опосредованно, в наибольшей мере осуществляется через атмосферу, т.е. через своеобразные дальневосточные климаты [7].

В современной практике географических исследований пространство и время обычно при-

нимаются как физические категории. В то же время эту проблему, по нашему мнению, следует рассматривать и в расширительном плане, выделяя и другие, особые их категории – нравственные. Комплексное использование всех категорий позволит выбрать оптимальные варианты рационального природопользования.

Актуальность и постановка проблемы.

Геосистемы, как основные составляющие географической оболочки, лежат в масштабах географическо-

го пространства и их развитие протекает в рамках географического времени. С ними тесно связаны развитие и устойчивость ГС, а также их динамические соотношения.

Геосистемы принимаются в понимании, близком к определению В.Б. Сочавы [23], и с учетом взглядов Д. Харвея [24] – земные пространства всех размерностей (от ландшафтов до комплексной физико-географической оболочки), развивающиеся с проявлением саморегуляции, в которых отдельные компоненты природы находятся в системной связи друг с другом и как определенная цельность взаимодействует с космической сферой и человеческим обществом. При этом, по нашему мнению, наиболее полно особенности организации ГС вскрываются при совмещении их характеристик в системе координат солнечного и лунного (возможно, и галактического) времени.

Географическая оболочка (ГО) – уникальная многокомпонентная оболочка, включающая облекающие Землю и подстилающие ее слои вещества, которые в совокупности и составляют это уникальное природное единство (геосферу). Только здесь существует жизнь; наличие структурности и ее единство; и др. [4, с. 56].

Географическое пространство – форма существования природных объектов и явлений в пределах ГО, характеризующихся совокупностью соотношений между ними (структурности, системности, динамичности, метрических свойств), расположенных на конкретной территории и развивающихся во времени [4, с. 56]. Предполагается, что это пространство – многомерное.

Географическое время возникает с появлением особых географических систем, основными компонентами которых являются элементы гидросферы и тропосферы и формы рельефа, как носителей географической формы движения материи [5]. Это время – неравномерное [12], что подтверждается концепцией метахронности оледенения (в Северном и Южном полушариях Земли интервалы времени между одними и теми же состояниями неравномерны, на севере они как бы сжаты, а на юге они растянуты).

Физические свойства времени. Время, согласно причинной механике Н.А. Козырева, кроме пассивного свойства длительности, характеризуется еще и активными (физическими) свойствами, воздействующими на события в географическом пространстве. Активные свойства проявляются в причинно-следственных связях и сказываются в противодействии привычному ходу процессов, приводящему в конце концов к разрушению ГС. Следовательно, тепловая

смерть Земли исключается. Правда, такое влияние времени, направленное на сохранение единства и разумной организованности природы мира, в сравнении с характерным разрушающим действием обычных процессов, очень небольшое. При этом, поскольку оно рассеяно всюду в пространстве, реализуется возможность его накопления (например, в живых организмах), тем самым поддерживается объединение мира в единое целое. Таким образом, время – организующее начало в природе и источник ее жизненных возможностей [5].

Пространство и время неразрывны, так как каждое время имеет свое пространство, а каждое пространство – свое время, понимая их вместе под термином «timespace», то есть «временем-пространством» [25]. Последнее – это реальность, порождаемая текущим социальным развитием и присущая текущему социальному анализу.

Развитие ГС – необратимое, направленное, закономерное изменение объектов (универсальное свойство «пространства-времени»), проявляющееся в двух формах (эволюционной и «катастрофической»), обладающего восходящими и нисходящими отрезками его траектории, и всегда приводящее к возникновению нового качественного их состояния [4, с. 1097].

Устойчивость ГС – способность объектов «жестко» выдерживать одни воздействия, а после других пластично возвращаться в близкое к исходному состоянию без потери основных свойств своей организации [8].

Динамические соотношения пространства-времени в развитии ГС [22] представлены ниже (рис. 1).

Цель исследования – рассмотреть все существующие категории пространства и времени. При этом на основе опубликованных материалов и тематических авторских разработок проследить особенности отражения пространственных черт и свойств времени в развитии геосистем.

Среди задач особое внимание уделено исследованию природных рисков, соответствующих уровней устойчивости геосистем и устойчивого их развития в типичных и аномальных пространственно-временных обстановках.

Методы

При анализе темы были применены методы из ряда сквозных направлений изучения комплексной физико-географической оболочки (сравнительно-географический, информационный, палеогеографический), разработанных академиком К.К. Марковым с соавторами [3].

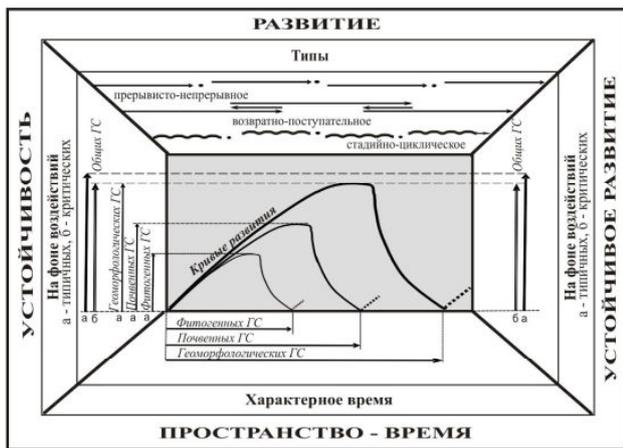


Рис. 1. Принципиальная схема динамических соотношений пространства-времени и типов развития, устойчивости и устойчивого развития геосистем (составил автор)

Fig. 1. Principal diagram of dynamic space-time relations and types of development, stability and sustainable development of geosystems, composed by the author

Материалы

При выяснении различных аспектов в рамках избранной темы использованы данные многолетних исследований автора на Дальнем Востоке [21] и др. отечественные [10, 15], иностранные литературные [1, 24, 25] и Интернет-источники [17].

Результаты и их обсуждение

Тематическое отражение пространства и времени в научной картине мира начинается с древних философов (Платон, Аристотель), затем продолжается более поздними естествоиспытателями (И. Кант, И. Ньютон, А. Эйнштейн, Г. Минковский, М. Аксенов, П.П. Семенов-Тяньшанский, В.А. Обручев, В.И. Вернадский), далее отмечается в художественном и реальном времени (Л.Н. Толстой, И.С. Тургенев, М.А. Булгаков, Ж.Б. Мольер) и, наконец, дополнительно раскрывается ближе к настоящему времени (Д. Массер, П.П. Гайденко, М.Д. Ахундов и др.).

Рассматривая вышеотмеченное тематическое отражение в последовательности изложения со смещением акцентов, автор прослеживает скрытое присутствие в пространстве и времени физических и нравственных категорий. Дальнейший учет этих аспектов в нашем исследовании крайне важен в продуктивном плане.

В развитии геосистем (природных, техногенных, социальных) отражены различные кате-

гории пространства и времени, выявляющиеся в обстановках и типичного, и аномального. Здесь же встречаются и природные риски.

«Природные риски» – это общее понятие и применимо лишь по отношению к Человеку, т.е. его содержание всегда включает экологический аспект, указывая на все отклонения от спектра вещественно-энергетических показателей, оптимальных для природных компонентов, жизни человека и его хозяйственной деятельности. Это близко к известным принятым формулировкам [14]. Риски зарождаются, развиваются и «проявляются» в естественных и (или) антропогенных обстановках и условиях – как результат функционирования определенного комплекса системообразующих факторов и процессов: типичных (в частности, из-за кумулятивного эффекта их воздействий) и экстремальных (критических и кризисных), не говоря уже о катастрофических. Именно различные их воздействия и взаимодействия и определяют те или иные уровни возможных природных рисков для человека.

Общие особенности развития геосистем на севере и юге Дальнего Востока

В природно-климатических обстановках севера Дальнего Востока активность природных процессов высокая, но отмечается еще в пределах фоновой нормы типичных и, реже, критических уровней (рис. 2).

Наиболее часто встречаемые типичные и аномальные процессы **на севере** следующие [20]:

на Чукотке – термокарста, термоабразии, морозобойного трещинообразования, наледей, солифлюкции (рис. 3);

в Приколывье – криогенеза и (или) «малого гляциогенеза»;

на Камчатке – обвалов, вулканизма, селей и цунами;

В Верхнем Приколывье. Среди наиболее опасных явлений в районе, проявляющихся на фоне современных природно-климатических условий, выделяются термокарст, солифлюкция, наледи, курумообразование, обвалы, осыпи, наводнения. Все эти процессы заметно активизируются на свежих пирогенных участках и лесных вырубках, в очень холодные и малоснежные годы и в ходе выпадения ливневых осадков.

Максимальные геоэкологические риски в ходе нерационального природопользования в этих районах возникают на участках добычи золота дражным способом.



Рис. 2. Принципиальная схема энергетических и динамических соотношений типичных и аномальных процессов в организации геосистем (составил автор)

Fig. 2. Schematic diagram of the energy and dynamic relationships of typical and anomalous processes in the organization of geosystems, compiled by the author



Рис. 3. Термокарстовые деформации нижней части склона в окрестностях п. Лаврентия.
Фото А.А. Галанина

Fig. 3. Thermokarst deformations of the lower part of the slope near the village of Lavrentiya.
Photo by A.A. Galanin

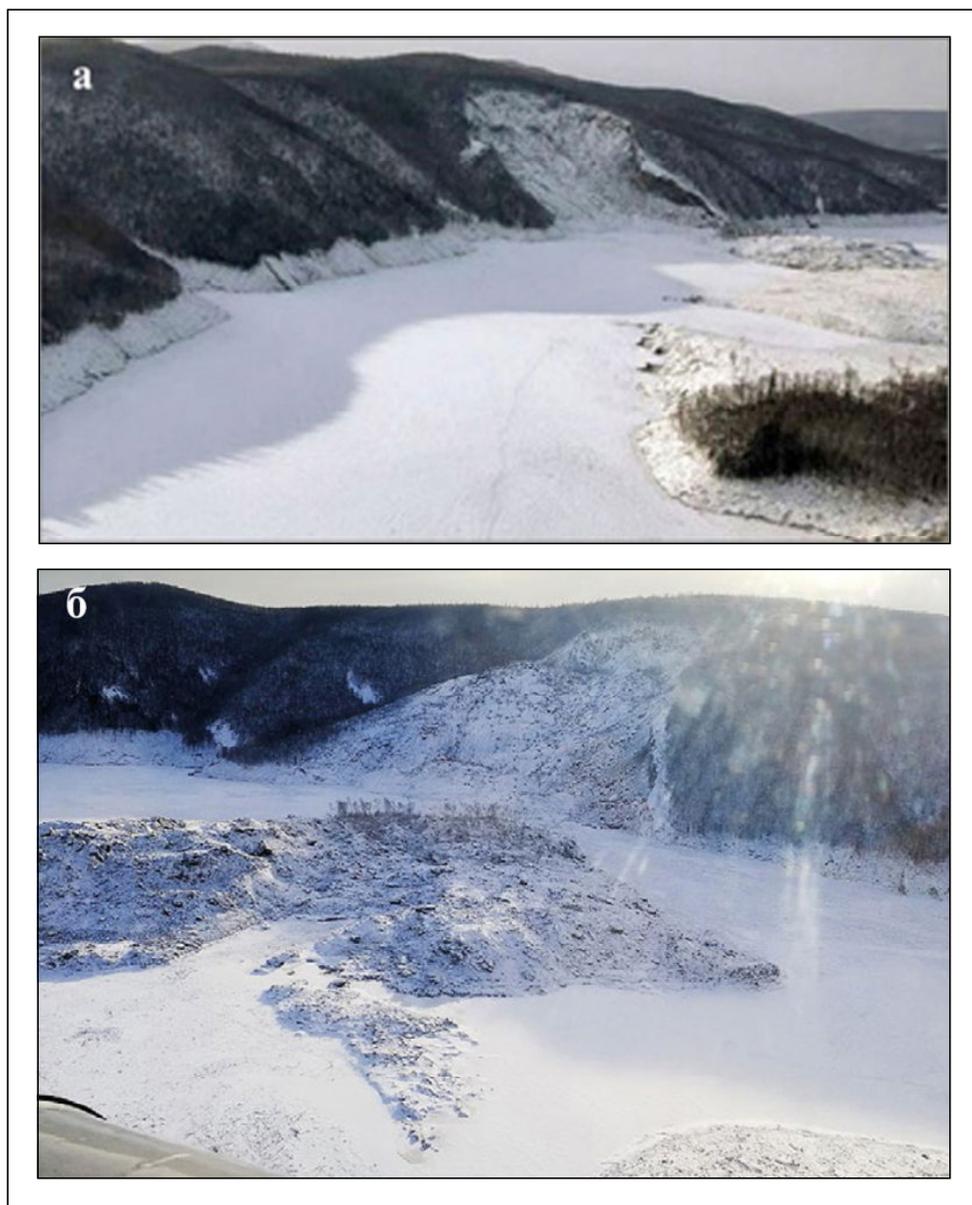
Юг Дальнего Востока обладает наиболее богатым спектром аномальных явлений и процессов:

Приамурье [7] – аномальные ливни; «взрывы» линейной эрозии, интенсивно формирующие борозды, рытвины и овраги; курумообразование; гигантские обвалы и оползни (рис. 4) и др.

Так, на территории Охотоморского мегаберега – арене повсеместно господствовавшего влияния океаничности – зарождаются новые и возрождаются древние курумы (как продукт возникающего и усиливающегося континентально-рельефообразующего влияния), еще недавно присутствовавшие только в реликтовых формах. Одновременно с этим возрастает число и интенсивность аномальных процессов в береговой зоне (повторяемость штормов и штормовых нагонов), а также размыв морских побережий и подводного берегового склона и т.п.; расширение ареала черной березы (индикатора континентальности) к востоку до главного водораздела хребта Сихотэ-Алиня. В результате в настоящее время полоса активного взаимоналожения и взаимопроникновения континентальности и океаничности, подчеркиваемая пестрым чередованием «чуждых» по происхождению форм, процессов и образований (в гольцовой зоне среднегорий: курумообразования и мерзлотной сортировки грунтов – нивационных форм; по долинам горных рек: наледей – дефляции с эоловым перемещением снега; и других), смещается к востоку, к береговой пограничной зоне.

Приморье [20]:

а) во внутриконтинентальных районах – аномальные ливни; всплески активности линейной эрозии, интенсивно формирующие борозды,



**Рис. 4. Крупный оползень (11.12.2018 г.) на крутом левом склоне долины р. Бурея в 20 км выше впадения в нее большого левого притока (р. Тырма), полностью перекрывшего высокой плотной из обломков скальных пород заполненную водохранилищем Бурейской ГЭС долину реки:
 А – общий вид оползня и его стенка срыва (в виде амфитеатра); Б – оползневое тело этого же оползня. Фото с вертолета А.Н. Махинова**

**Fig. 4. Large landslide (December 11, 2018) on the steep left slope of the Bureya river valley 20 km above a large left tributary confluence into it (the Tyrma River), which completely blocked the river valley – the reservoir of the Bureyskaya HPS – with a high dam of rock fragments:
 A – General view of the landslide and its wall of failure (in the form of an amphitheatre);
 B – Landslide body of the same landslide. Photo from a helicopter by A.N. Makhinov**

рытвины и овраги; наледи – грунтовые, речные и ручьевые, особенно в аномально суровые зимы; курумообразование (на горяч и вырубках «возрождение» древних курумов) и осыпеобразование; обвалы, осыпи и оползни, особенно активно во

время землетрясений; ураганные ветры, вызывающие развевание рыхлых покровов; засухи и суховеи (приводящие в весенне-летнее время к резкому иссушению и ветровой эрозии почв, а также благоприятствующие зимой глубокому промерзанию и

растрескиванию почвогрунтов); в Приханкайской лесостепи – эоловые процессы и (или) совпадающие с ними даже непродолжительные, но *интенсивные осадки в виде дождя*, приводящие здесь к смыву верхнего слоя почвы и образованию оврагов и оползней, значительному ущербу распаханым площадям; *пожары* (прежде всего лесные), вызывающие площадное уничтожение лесных группировок и следующую за этим «активизацию» плоскостного смыва и эрозионного расчленения лишенных растительности территорий.

б) в *прибрежных зонах* – сочетания аномальных ливней и наводнений (лето–осень); сильные штормы (осенью и зимой, при повторяемости волн высотой свыше 4,5 м, а при прохождении в августе–сентябре тайфунов волн высотой до 10–12 м) и *штормовые нагоны* (волны высотой до 4–6 м); *цунами* (наиболее подвержен им юго-восток, восток и север региона; за последние 2,5 тыс. лет зафиксировано 17 крупных цунами; при прохождении в августе–сентябре тайфунов были цунами высотой свыше 4,0–5,0 м, (рис. 5); *обвалы, оползни и осыпи* (совпадающие с землетрясениями); *землетрясения* (силой 4–8 баллов – 1902, 1913, 1950, 1955, 1971, 1976, 1984, 1995 гг.); *грунтовые и речные наледи* максимально активными бывают в аномальные зимы; *заплесковые наледи* наиболее значимы на открытых побережьях; *явления усиливающих обратных течений*, вызывающих размыв и уход наносов на подводный склон и *размыв аккумулятивных форм* побережий.

Курильские острова [20] – катастрофические ливни и снежные лавины; тайфуны (в частности, «Хагибис», 13.10.2019 г.); ливни (несколько раз в год, с ветром до 33 м/сек.; данные Гидрометслужбы, 2019 г.); *сильные штормы и штормовые нагоны* (высота 2–5 м); *цунами* (на тихоокеанском побережье островов Уруп и Итуруп отмечались волны свыше 23 м 1 раз в 100–200 лет, 8–23 м 1 раз в 50–100 лет, 3–8 м 1 раз в 20–30 лет, 1–3 м 1 раз в 10 лет (по данным С.Л. Соловьева и Ч.Н. Го); *обвалы и оползни* на склонах, *абразия коренных берегов и размыв аккумулятивных форм*; *селевые и лахаровые процессы* вблизи вулканов и в пределах денудационно-тектонических хребтов; *вулканы* – среди действующих (активных) и потенциально активных вулканов выделяются Алайд, Пик Сарычева, Креницына (рис. 6) и другие.

Вулкан Креницына – действующий, типичный двухъярусный «вулкан в вулкане». Вулканический конус (высотой 1324 м, с диаметром подошвы 3,5–4 км) поднимается в виде острова внутри лежащего на высоте 400 м и глубиной 200 м озера Кольцевого (диаметр около 7 км). Озеро окружено соммой – стенами более древней кальдеры Тао-Русыр (высоты 540–920 м с диаметром подошвы 16–17 км). Известно только одно историческое извержение в 1952 году. В настоящее время фиксируется фумарольная и термальная активность. Склоны вулкана несут следы обвальных и селевых накоплений и покрыты кедровым стлаником. Остров подвергается частым цунами.

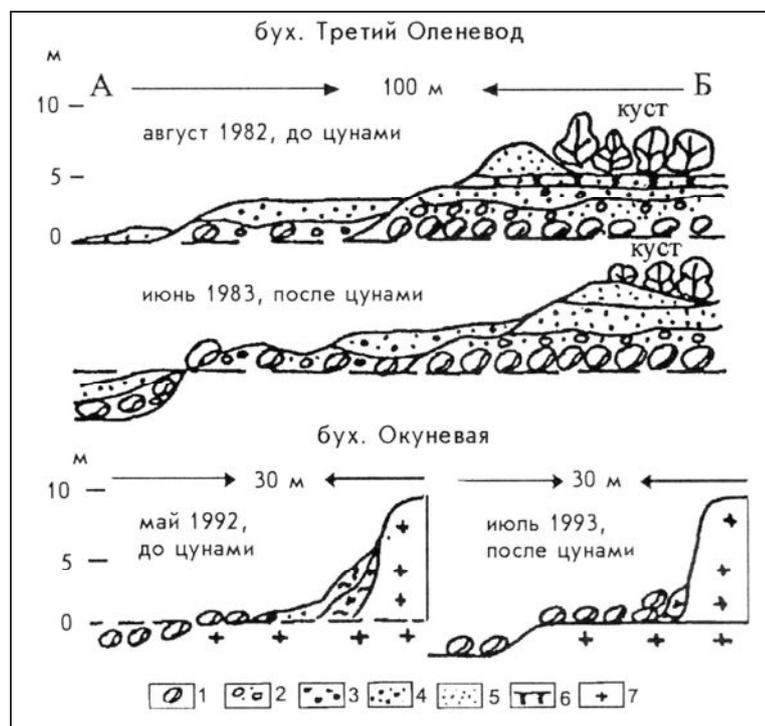


Рис. 5. Следы воздействия цунами (1983 г. и 1993 г.) на побережье зал. Петра Великого.

Условные обозначения: 1 – валуны; 2 – галька с песком; 3 – гравий; 4 – песок с гравием; 5 – песок; 6 – почва; 7 – коренные породы. Составили А.М. Короткий и Г.П. Скрьльник

Fig. 5. Traces of the tsunami affect (1983 and 1993) on the coast of Peter the Great Bay.

Symbols: 1 – boulders; 2 – pebbles with sand; 3 – gravel; 4 – sand with gravel; 5 – sand; 6 – soil; 7 – bedrock. Compiled by A.M. Korotkiy and G.P. Skrylnik



Рис. 6. Вулкан Креницына в южной части острова Онекотан, в северной группе Большой Курильской гряды вблизи Камчатки. Фото с сайта https://ru.wikipedia.org/wiki/Вулкан_Креницына

Fig. 6. Krenitsyn Volcano in the southern part of Onekotan Island, in the northern group of the Greater Kuril Ridge near Kamchatka. Photo from the site https://ru.wikipedia.org/wiki/Вулкан_Креницына

Этот вулкан назван в 1805 году И.Ф. Крузенштерном по имени мореплавателя Петра Кузьмича Креницына.

Остров Сахалин [20] – в перечень основных геоэкологических рисков этой области входят цунами, лавины, сели (рис. 7) и эоловые процессы.

Таким образом, в организации ГС российско-



Рис. 7. Катастрофические следы грязевого селя в г. Макарове. Юго-восточное побережье о. Сахалин (6 сентября 2018 г.). Фото с сайта <https://sakh.com/>

Fig. 7. Catastrophic traces of a mudflow in the town of Makarov. Southeast coast of Sakhalin (September 6, 2018). Photo from <https://sakh.com/>

го Дальнего Востока принимают участие типичные, экстремальные (критические и кризисные) и катастрофические процессы и явления.

Категории пространства и времени и динамические тенденции развития геосистем

*Пространство и время
как физические категории*

ГС, как иерархически строго соподчиненные природные целостности в рамках географической оболочки, отличаются контрастной пространственной (и по горизонтали, и по вертикали) и

временной упорядоченностью, причинно согласующейся с основными (каркасными) уровнями их организации – локальными или топологическими, региональными, континентальными и глобальными (рис. 8).

В рамках этих уровней специфика взаимодействия факторов и процессов наиболее ярко проявляется в масштабной иерархии соответствующей им «размерности» рельефа (мега-; мега- и макро-; макро- и мезо-; мезо- и микроформ). Это отражается также и в проявлении соответствующих пространственно-временных показателей устойчивости общих и компонентных ГС: а) относительно повышенных в их центре и пониженных по их периферии; б) в целом возрастающих в направлении от иерархически низких природных образований к высоким [7].

Уровни устойчивости и пластичности общих ГС не беспредельны, так как главные резервы соответственно от геоморфологических (из-за консервативности) и фитосистем (из-за пластичности) в конечном счете все же ограничены. Вероятно, сейчас они часто находятся у своего предела, о чем и свидетельствует, в частности, направленное увеличение природных, а в условиях антропогенного «пресса» и техногенных катастроф [16].

Периодические, циклические и ритмические колебания тепла и влаги на конкретном ветровом фоне в течение всей эволюции ГО не только запечатлелись в организации, но и стали характерными для развития (динамики и эволюции) всех иерархически упорядоченных ГС [9, 11].

Особенно важно то, что ритмы тесно связаны с регуляционными процессами (адаптивностью, пластичностью и т.д.), поддерживающими развитие общих и компонентных ГС. Заметим, что из всех «ритмов» наиболее пластичными являются биологические [18]. При этом, согласно Э. Ба-

Геосистемы и подсистемы	Геоморфосистемы и подсистемы	Ведущие факторы, процессы и условия	Уровни организации	Типы организации	Процессы (по «вкладу»)	«Эффекты» самоорганизации	Тренды устойчивости ГС	
							по уровням	общая «Стрела»
КФГО	Геоморфосфера	Космогенные и эндогенные	Глобальный	Био-Геофизический	Типичные и критические, с участием кризисных и, отчасти, катастрофических	Возникновение и развитие: биосферы; природно-климатических поясов; и др.	↑ → ← ↑	↑
Материки и Океаны	Морфотектуры (планетарные формы)	Эндогенные и космогенные (с заметным участием антропогенных)	Континентально-океанический	Зональный	Типичные и критические, с участием кризисных	Континентальные и океанические типы зональности, атмосферной циркуляции, океанических течений; и др.	↑ → ← ↑	
Провинции (сектора)	Морфоструктуры и Морфоскульптуры (мега- и макроформы)	Эндо-, экзо- и антропогенные	Региональный	Бассейновый	Типичные с участием критических	Системы эрозии; кольцевые структуры; варианты асимметрии склонов; и др.	↑ → ← ↑	
Районы (ландшафты, фации)	Морфоскульптуры (мезо-, микро- и наноформы)	Экзо- и антропогенные	Локальный	Топологический	Типичные	Меандрирование рек; полигональные формы; и др.	↑ → ← ↑	

Рис. 8. Общая принципиальная схема организации геосистем (составил автор)

Fig. 8. General schematic diagram of the organization of geosystems, compiled by the author

уэру [13], решающее значение для выживания биогенных систем играет их устойчивое неравновесие – неравновесное (динамически неустойчивое) состояние, определяющее их адаптивность и связанную с ней пластичность. Это во многом справедливо и для косных систем, адаптация которых к изменяющимся условиям порождает свойства пластичности, обеспечивающие, по нашему мнению, необходимое «снижение» и в отдельных случаях полное «снятие» неравновесных состояний и тем самым не только сохранение, но и повышение устойчивости этих систем, а в целом и общих ГС.

Современное устойчивое развитие российского Дальнего Востока согласуется с естественными тенденциями физико-географических провинций (на 1000 лет вперед – континентализация всей природной обстановки) и находится в области регионального похолодания [15]. Она может быть нарушена антропогенным прессом на всех уровнях организации ГО: «усилится» из-за площадных рубок лесов на региональном уровне; «снизится» из-за возможных кризисных «выбросов» в атмосферу техногенных веществ и вызываемого этим потепления климата на континентальном уровне; и т.д.

Результирующая этих колебаний неизвестна, но геоэкологические риски вполне вероятны.

Тенденции развития физико-географических провинций юга Дальнего Востока на естественном и антропогенном фоне не совпадают.

В настоящее время масштабы антропогенеза громадны. По морфогенетической роли они уже сравнялись с эндогенными и экзогенными [2, 19].

Пространство и время как нравственные категории

Часто принимаемые как физические категории в исследованиях природопользования (землепользования; недропользования; лесопользования; водопользования; использования атмосферного воздуха; использования объектов животного мира) и соответствующих его параметров, пространство и время не являются единственными.

Эту проблему, по нашему мнению, следует рассматривать в расширительном плане, что позволяет выявить и другие, особые категории пространства и времени. Так, комплексное использование всех пространственно-временных категорий выявляет оптимальные варианты рационального природопользования. В последнем случае категории времени и пространства дополнительно всег-

да бывают нравственными. При нерациональном природопользовании «рациональное» как составляющая исчезает, а само природопользование превращается в антинравственное.

Пространство и время в типах природопользования

Пространство и время неразрывны, так как каждое время имеет свое пространство, а в различных типах природопользования пространство и время участвуют по-разному.

В целом пространство и время как физические и нравственные категории в ходе конкретного природопользования предметно обозначаются и сложно переплетаются.

Рациональное природопользование представляет собой такую систему природопользования, при которой происходит целесообразное использование всех природных ресурсов. К нему относится использование безотходных и малоотходных технологий; создание очистных сооружений, утилизация отходов; сохранение и улучшение природных условий и тем самым обеспечение восстановления возобновляемых природных ресурсов; предупреждение негативных последствий воздействия человека на природу в ходе рекультивации земель на месте добычи полезных ископаемых; восстановление нарушенных взаимосвязей в экосистемах при помощи создания заповедников и национальных парков, а в городских условиях парков, скверов, зелёных зон и т.д.; комплексное предотвращение обострения экологических ситуаций и сохранение таким образом всех жизненных потребностей человека.

Во многих районах Дальнего Востока сейчас выполняется рациональное природопользование. В результате сохраняется оптимальная экологическая обстановка, поддерживается чистота атмосферы и обеспечивается устойчивое будущее природной среды и условий жизнедеятельности человека. При этом в случае рационального природопользования, в отличие от нерационального, категории времени и пространства всегда нравственные. На отдельных участках, к сожалению, игнорируются нравственные категории пространства и времени, в этом случае возникает нерациональное природопользование.

При рациональном природопользовании обязательно присутствуют физические и нравственные категории пространства и времени.

Нерациональным является такое природопользование, когда воздействие человека на природу приводит к разрушению ландшафтной структуры и упадку возможности ее восстановительных

свойств, снижению качества и истощению природных ресурсов, загрязнению окружающей среды и т.д. Оно может возникнуть как следствие не только прямых, но и косвенных воздействий на природу.

При нерациональном природопользовании всегда присутствуют только одни физические категории пространства и времени.

Антропогенные воздействия на ГС носят противоречивый характер. Антропогенное влияние на локальном уровне организации ГС прослеживается регулярно и повсеместно; на региональном уровне оно проявляется часто дискретно; на континентальном – дискретно (нечасто); на глобальном – единично. Антропогенные факторы, воздействуя преимущественно на ландшафт, проявляются в их «промерзании» и аридизации. Это приводит на севере Дальнего Востока к образованию фрагментарных участков арктических пустынь с тенденцией к продвижению их на соседние участки тундры. На юге же наблюдается противоположная картина, когда степь наступает на лесные массивы.

В условиях антропогенного пресса частота их проявления на всей территории резко возрастает [20].

Ключевые выводы

В развитии геосистем отражены различные категории пространства и времени. Геосистемы, как основные составляющие географической оболочки, лежат в масштабах географического пространства и их развитие протекает в рамках географического времени [12, 22].

Время и пространство – категории не только физические. В случае рационального природопользования категории времени и пространства всегда нравственные. Оптимальные варианты природопользования могут быть осуществимы только при выборе и использовании одновременно физических и нравственных категорий пространства и времени и исключении безнравственных.

Выбор стратегии рационального природопользования во всех рассмотренных районах должен быть всесторонне «щадящим» – по пространственно-временной нормализации природной среды (созданию и сохранению устойчивой экологической обстановки; применению прогрессивных агротехнических приемов; улучшению условий и охраны труда путем совершенствования эргономических параметров рабочих мест и внедрения организационно-технических мероприятий), учитывающих существующие риски и определяемые ими экологические ограничения [10, 15, 17 и др.].

Работа выполнена по тематическому плану НИР ТИГ ДВО РАН в рамках госзадания Минобрнауки РФ на 2019-2021 «Естественные и антропогенные факторы в эволюции, динамике и устойчивости разноранговых геосистем и их компонентов в переходной зоне суши – океан»; регистрационный номер темы – ААА-А-А19-119030790003-1.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бич А.М. Природа времени: гипотеза о происхождении и физической сущности времени. 2-е изд., испр. и доп. М.: Астрель, 2002. 288 с.
2. Бондарев Л.Г. Вечное движение. Планетарное перемещение вещества и Человек. М.: Мысль, 1974. 160 с.
3. Введение в физическую географию / К.К. Марков, О.П. Добродеев, Ю.Г. Симонов, И.А. Суетова. М.: Высшая школа, 1973. 184 с.
4. Географический энциклопедический словарь (ГЭС). М.: СЭ, 1988. 432 с.
5. Григорьев А.А. Типы географической среды. Избранные теоретические работы. М.: Мысль, 1970. 472 с.
6. Козырев Н.А. Человек и Природа // Козырев Н.А. Избранные труды. Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1991. С. 401–409.
7. Короткий А.М. Аномальные природные процессы и их влияние на состояние геосистем юга российского Дальнего Востока / А.М. Короткий, В.В. Коробов, Г.П. Скрыльник. Владивосток: Дальнаука, 2011. 265 с.
8. Короткий А.М., Скрыльник Г.П. Аспекты устойчивости экзогенных геоморфологических систем // Роль географии в ускорении научно-технического прогресса: тезисы докл. VIII совещ. географов Сибири и Дальнего Востока. Иркутск: ИГ СО АН СССР, 1986. Вып. 2. С. 67–69.
9. Кузин П.С. Циклические колебания стока рек Северного полушария. Л.: Гидрометеоздат, 1979. 180 с.
10. Лебедева Е.В., Шварев С.В., Готванский В.И. Природно-обусловленная напряженность геоморфологических процессов территории Дальнего Востока России // Геоморфология. 2014. № 4. С. 48–59.
11. Максимов А.А. Природные циклы. Причины повторяемости экологических процессов. Л.: Наука, 1989. 236 с.
12. Марков К.К. Пространство и время в географии // Природа. 1965. № 5. С. 56–61.
13. Моисеев Н.Н. Человек и Ноосфера. М.: Молодая гвардия, 1990. 352 с.
14. Мягков С.М. География природного риска. М.: МГУ, 1995. 222 с.
15. Никольская В.В. О естественных тенденциях развития физико-географических провинций юга Дальнего Востока. Новосибирск: Наука, 1974. 127 с.
16. Осипов В.И. Управление природными рисками // Вестник РАН. 2002. Т. 72, № 8. С. 678–686.
17. Рациональное природопользование // Википедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Рациональное_природопользование (дата обращения: 02.07.2021).
18. Романов Ю.А. Клетка, ритмы и жизнь // Люди, пространство и время. М.: Знание, 1976. С. 31–49.
19. Сафьянов Г.А. Энергия рельефообразующих процессов земной поверхности // Рельеф и климат. М., 1985. С. 23–37.
20. Скрыльник Г.П. Природные риски, кризисы и катастрофы на территории российского Дальнего Востока // Тихоокеанская география. 2020. № 3. С. 18–28.
21. Скрыльник Г.П. Пространство-время в развитии геосистем и природные риски // Арктика и Антарктика. 2019. № 1. С. 1–14.
22. Скрыльник Г.П. Развитие геосистем, пространство и время // Новые и традиционные идеи в геоморфологии: V Щукинские чтения: труды. М.: МГУ, 2005. С. 549–554.
23. Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука, 1978. 319 с.
24. Харвей Д. Научное объяснение в географии: пер. с англ. М.: Прогресс, 1974. 502 с.
25. Wallerstein Immanuel. The timespace of world-systems analysis: a philosophical essay // History Geography. 1993. N 1–2. P. 5–22.

REFERENCES:

1. Bich A.M. *Priroda vremeni: gipoteza o proishozhdenii i fizicheskoy sushhnosti vremeni* (The nature of time: A hypothesis about the origin and physical essence of time), 2nd ed., rev. and additional. Moscow: Astrel' Publ., 2002. 288 p. (In Russ.).
2. Bondarev L.G. *Vechnoe dvizhenie. Planetarnoe peremeshhenie veshhestva i Chelovek* (Perpetual motion. Planetary movement of matter and Man). Moscow: Mysl' Publ., 1974. 160 p. (In Russ.).
3. *Vvedenie v fizicheskuyu geografiju*, K.K. Markov, O.P. Dobrodeev, Yu.G. Simonov, I.A. Suetova (Introduction to physical geography). Moscow: Vysshaya shkola Publ., 1973. 184 p. (In Russ.).
4. *Geograficheskij jenciklopedicheskij slovar' (GJeS)* (Geographical Encyclopedic Dictionary

- (GES)). Moscow: SE Publ., 1988. 432 p. (In Russ).
5. Grigoriev A.A. *Tipy geograficheskoy sredy. Izbrannye teoreticheskie raboty* (Types of geographic environment. Selected theoretical works). Moscow: Mysl' Publ., 1970. 472 p. (In Russ).
 6. Kozyrev N.A. Human and nature, in *Kozyrev N.A. Izbrannye trudy* (Selected works). Leningrad: Publ. House of the Leningrad University, 1991, pp. 401–409. (In Russ).
 7. Korotkiy A.M. *Anomal'nye prirodnye processy i ih vliyanie na so-stojanie geosistem juga Rossijskogo Dal'nego Vostoka*, A.M. Korotkiy V.V. Korobov, G.P. Skryl'nik, (Anomalous natural processes and their influence on the state of geosystems in the south of the Russian Far East). Vladivostok: Dal'nauka Publ., 2011. 265 p. (In Russ).
 8. Korotkiy A.M., Skrylnik G.P. Aspects of the stability of exogenous geomorphological systems, in *Rol' geografii v uskorenii nauchno-tehnicheskogo progressa: tezisy dokl. VIII soveshh. geografov Sibiri i Dal'nego Vostoka* (The role of geography in accelerating scientific and technological progress: abstracts of the reports VIII of the conference of Geographers of Siberia and the Far East). Irkutsk: IG SB USSR Academy of Sciences, 1986, no. 2, pp. 67–69. (In Russ).
 9. Kuzin P.S. *Ciklicheskie kolebaniya stoka rek Severnogo polushariya* (Cyclic fluctuations in the flow of rivers in the Northern Hemisphere). Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1979. 180 p. (In Russ).
 10. Lebedeva E.V., Shvarev S.V., Gotvansky V.I. Dew-To-Natural Tensity of Geomorphologic Processes in the Russian Far East. *Geomorphology*, 2014, no. 4. pp. 48–59. (In Russ).
 11. Maksimov A.A. *Prirodnye cikly. Prichiny povtorjaemosti jekologicheskikh processov* (Natural cycles. Reasons for the recurrence of ecological processes). Leningrad: Nauka Publ., 1989. 236 p. (In Russ).
 12. Markov K.K. Space and time in geography. *Priroda*, 1965, no. 5, pp. 56–61. (In Russ).
 13. Moiseev N.N. *Chelovek i noosfera* (Man and the Noosphere). Moscow: Molodaya gvardiya Publ., 1990. 352 p. (In Russ).
 14. Myagkov S.M. *Geografija prirodnogo riska* (Geography of natural risk). Moscow: MSU, 1995. 222 p. (In Russ).
 15. Nikolskaya V.V. *O estestvennykh tendencijah razvitiya fiziko-geograficheskikh provincij juga Dal'nego Vostoka* (On the natural trends in the development of the physical-geographical provinces of the south of the Far East). Novosibirsk: Nauka Publ., 1974. 127 p. (In Russ).
 16. Osipov V.I. Management of natural risks. *Vestnik RAN*, 2002, vol. 72, no. 8, pp. 678–686. (In Russ).
 17. Rational use of natural resources. *Wikipedia*. Available at: https://ru.wikipedia.org/wiki/Рациональное_природопользование (accessed: 02.07.2021). (In Russ).
 18. Romanov Yu.A. Cell, rhythms and life, in *Lyudi, prostranstvo i vremya* (People, space and time). Moscow: Znanie Publ., 1976, pp. 31–49. (In Russ).
 19. Saf'yanov G.A. Energy of relief-forming processes of the earth's surface, in *Rel'ef i klimat* (Relief and climate). Moscow, 1985, pp. 23–37. (In Russ).
 20. Skrylnik G.P. Natural risks, crises and catastrophes in the territory of the Russian Far East. *Tikhookeanskaya geografiya*, 2020, no. 3, pp. 18–28. (In Russ).
 21. Skrylnik G.P. Space-time in the development of geosystems and natural risks. *Arktika i Antarktika*, 2019, no. 1, pp. 1–14. (In Russ).
 22. Skrylnik G.P. Development of geosystems, space and time, in *Novye i tradicionnye idei v geomorfologii: V Shhukinskie chteniya: trudy* (New and traditional ideas in geomorphology. V Shchukin readings. Proceedings). Moscow: MSU, 2005, pp. 549–554. (In Russ).
 23. Sochava V.B. *Vvedenie v uchenie o geosistemakh* (Introduction to the doctrine of geosystems). Novosibirsk: Nauka Publ., 1978. 319 p. (In Russ).
 24. Harvey D. *Nauchnoe ob'jasnenie v geografii: per. s angl.* (Scientific explanation in geography: translated from English). Moscow: Progress Publ., 1974. 502 p. (In Russ).
 25. Wallerstein Immanuel. The timespace of world-systems analysis: a philosophical essay. *History Geography*, 1993, no. 1–2, pp. 5–22.

GEOSYSTEMS AND SPACE-TIME FEATURES OF THEIR DEVELOPMENT
(ON THE EXAMPLE OF THE RUSSIAN FAR EAST)

G.P. Skrylnik

Geosystems' development reflects various forms of space and time. Geosystems, as the main components of the geographic shell, lie on the scale of geographic space and their development proceeds within the framework of geographic time.

The purpose of the study is to consider all existing categories of space and time, and trace the spatial features and properties of time reflection in the development of geosystems, based on published materials and author's developments on the topic.

When clarifying various aspects within the framework of the chosen topic, the author used the data from his many years research in the Far East and available data from scientific literature.

When analyzing the topic, the author applied methods from a number of crosscutting directions for studying the complex physical-geographical shell (comparative geographical, informational, and paleogeographical), developed by academician K.K. Markov and co-authors.

Geosystems, as hierarchically strictly subordinate natural entities within the geographic shell, show contrasting spatial (both horizontally and vertically) and temporal ordering, causally consistent with the main one (frame).

The levels of stability and plasticity of general HS are not unlimited, because the main reserves, respectively, from geomorphological (due to conservatism) and phytosystems (due to plasticity) are ultimately still limited.

Probably, now they are often at their limit, as evidenced, in particular, by the directed increase in natural conditions, man-made disasters, and in the conditions of anthropogenic «press».

In the modern practice of geographical research, they usually accept space and time as physical categories. At the same time, we consider this problem in a broader sense to reveal other categories of them. In the case of rational nature management, the categories of Time and Space are always moral. Otherwise, its «rational» component disappears and nature management turns into anti-moral.

Keywords: *Far East, time, space, physical and moral criteria, rational and irrational nature management.*

Reference: Skrylnik G.P. Geosystems and space-time features of their development (on the example of the Russian Far East). *Regional'nye problemy*, 2022, vol. 25, no. 1, pp. 62–73. (In Russ.). DOI: 10.31433/2618-9593-2022-25-1-62-73.

Правила оформления рукописи в журнале «РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ»

1. Рукопись загружается на сайте журнала <http://regional-problems.ru/>. Перед загрузкой статьи в редакцию журнала автор должен обязательно зарегистрироваться на сайте <http://regional-problems.ru/> (вкладка «Вход-Регистрация»).

Автору необходимо загрузить на сайт журнала экспертное заключение учреждения (с подписью автора/ов и печатью), в котором выполнена работа. Если по техническим причинам не удастся подать рукопись и сопровождающие документы через информационную систему, ее можно направить на электронный адрес reg.probl@yandex.ru.

2. Рекомендуем оформлять статью по рубрикам: актуальность (постановка проблемы), объект и методы, результаты исследования и их обсуждение, заключение, список литературы. Содержание статей логически структурировано, легко читаемо и понятно.

3. На первой странице рукописи в левом верхнем углу должен быть указан индекс по универсальной десятичной классификации (УДК).

4. Далее по центру: заглавие статьи, фамилии авторов, аффилиация авторов, аннотация, ключевые слова должны быть представлены на русском и английском языке. После e-mail автора через запятую приводят ORCID автора в виде электронного адреса в сети «Интернет».

Аннотация статьи (200–250 слов) должна быть структурированной, кратко и точно излагать содержание статьи, включать основные фактические сведения и выводы, без дополнительной интерпретации или критических замечаний автора статьи. Текст аннотации не должен содержать информацию, которой нет в статье. Она должна отличаться лаконичностью, убедительностью формулировок, отсутствием второстепенной информации. Методы в аннотации только называются. Результаты работы описывают предельно точно и информативно. Приводятся основные теоретические и экспериментальные результаты, фактические данные, обнаруженные взаимосвязи и закономерности. При этом отдаётся предпочтение новым результатам и выводам, которые, по мнению автора статьи, имеют практическое значение. Выводы могут сопровождаться рекомендациями, оценками, предложениями, описанными в статье. Включение в аннотацию схем, таблиц, графиков, рисунков, а также ссылок на литературные источники не допускается.

Ключевые слова и словосочетания (оптимально 5–7 слов) отделяются друг от друга запятой. Список ключевых слов должен максимально точно отражать предметную область исследования.

5. Текст статьи должен быть набран в редакторе WinWord, шрифтом Times New Roman, 12 pt. Поля слева, сверху и снизу – 2,5 см, справа – не менее 1 см. Объем статьи не ограничен, напечатан через 1,5 интервал. К публикации принимаются статьи на русском и английском языках.

6. Сокращения слов, кроме общепринятых, в рукописи не допускаются.

7. Формулы нумеруются в круглых скобках (2), подстрочные примечания не допускаются, необходимые разъяснения даются в тексте.

8. Ссылка на цитату указывается сразу после неё в квадратных скобках. В статье запрещается использовать подстрочные сноски для указания источников цитирования. Текст не должен содержать ссылок на источники, не включённые в пристатейный список.

9. Выводы пишутся в утвердительных предложениях, фиксирующих полученные собственные результаты работы, и, в совокупности, однозначно показывающих достижение цели. Они перечисляются в порядке важности.

10. Таблицы должны иметь заголовки на русском и английском языках и сквозную порядковую нумерацию в пределах статьи, содержание их не должно дублировать текст.

11. Весь иллюстративный материал (графики, схемы, фотографии, карты) именуется ри-

сунками и имеет сквозную порядковую нумерацию. Рисунки выполняются в формате GIF, TIFF, JPEG, CDR, EPS, либо в Word (wmf) и представляются в виде отдельных файлов. Рисунки в текст не вставляются, но в тексте дается обозначение, где должен быть рисунок. Подписи к рисункам на русском и английском языках печатаются на отдельном листе с указанием фамилии автора и названия статьи. Фотографии (1 экз.) должны быть четко отпечатаны на белой бумаге без дефектов. От качества авторских оригиналов зависит качество иллюстраций в журнале.

12. В конце текста статьи (перед используемой литературой) необходимо указать организацию, при финансовой поддержке которой была выполнена статья (например, госзадание №..., проект РФФИ №..., и т.д.).

13. Цитируемая литература приводится отдельным списком, перечисляется по алфавиту. Объем цитируемой литературы не ограничен.

Список литературы приводится сначала на русском языке, далее на латинице (транслитерация – перевод текста, <http://translit-online.ru/> (вкладка основные переключить на BSI). В списке литературы первым приводится перечень работ отечественных авторов, в который также включаются работы иностранных авторов, переведённые на русский язык. Затем приводится перечень литературных источников, опубликованных на иностранных языках, в который включаются работы отечественных авторов, переведённые на иностранный язык. В список литературы не включаются неопубликованные работы.

13.1. Для каждого пункта списка литературы в зависимости от типа ссылки **необходимо указать:**

- для книг — фамилии авторов, инициалы, название книги, город, издательство, год издания, том, количество страниц;
- для журнальных статей — фамилии авторов, инициалы, название статьи, название журнала, серия, год, том, номер, выпуск, первая (по возможности также последняя) страница статьи;
- для материалов конференций, школ, семинаров — фамилии авторов, инициалы, название статьи, название издания, время и место проведения конференции, город, издательство, год, первая (по возможности также последняя) страница статьи.

Если источнику (его цифровой копии) присвоен DOI, то он обязательно приводится после всего описания источника в следующей форме без точки в конце: DOI: 10.5194/acp-16-14421-2016.

Авторы предоставляют **полный перевод списка литературы (транслитерация)**, с сохранением оригинального порядка следования публикаций, руководствуясь следующими правилами:

Статья из журнала

Ревуцкая О.Л., Красота Т.Г. Производственный потенциал Еврейской автономной области: оценка и сопоставление с регионами Дальневосточного Федерального округа // Региональные проблемы. 2020. Т. 23, № 4. С. 22–34. DOI: 10.31433/2618-9593-2020-23-4-22-34.

Статьи из сборников и материалов конференций

Комарова Т.М., Калинина И.В., Мищук С.Н. Социально-демографическая безопасность приграничного региона (на примере Еврейской автономной области) // Вопросы географии: сб. 141: Проблемы регионального развития России. М.: Кодекс, 2016. С. 578–594.

Комарова Т.М. Демографическая безопасность стран Центральной Азии: взгляд извне // Современные проблемы регионального развития: материалы VII Всерос. науч. конф. / под ред. Е.Я. Фрисмана. Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 2018. С. 341–344. DOI: 10.31433/978-5-904121-22-8-2018-341-344.

Монография

Рубцова Т.А. Деревья, кустарники, лианы Еврейской автономной области и их использование в озеленении. Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 2021. 181 с.

Петрищевский А.М. Гравитационный метод оценки реологических свойств земной коры и верхней мантии: в конвергентных и плюмовых структурах Северо-Востока Азии. М.: Наука, 2013. 192 с.

Материалы конференции

Современные проблемы регионального развития: материалы VII Всероссийской научной конференции / под ред. Е.Я. Фрисмана. Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 2018. 459 с.

Диссертация

Потурай В.А. Органическое вещество в полуостровных и континентальных гидротермальных системах Дальнего Востока: дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Биробиджан, 2019. 160 с.

Автореферат диссертации

Потурай В.А. Органическое вещество в полуостровных и континентальных гидротермальных системах Дальнего Востока: автореф. дисс. ... канд. геол.-минерал. наук. Биробиджан, 2019. 19 с.

Электронный ресурс удаленного доступа

Горюхин М.В. К созданию карты атмосферных и водных экологических ситуаций Еврейской автономной области // Региональные проблемы. 2020. Т. 23, № 4. С. 11–16. URL: <http://regional-problems.ru/index.php/RP/article/view/693> (дата обращения: 07.04.2021).

Статья из журнала на англ. яз.

Neverova G.P., Zhdanova O.L., Frisman E.Y. Effects of natural selection by fertility on the evolution of the dynamic modes of population number: bistability and multistability // Nonlinear Dynamics. 2020. Vol. 101, N 1. P. 687–709. DOI: 10.1007 / s11071-020-05745-w.

Статья из сборника на англ.яз.

Poturay V.A. Alkanes in a number of hydrothermal systems of the Russian Far East // 16th International Symposium on Water-Rock Interaction (WRI) and 13th International Symposium on Applied Isotope Geochemistry (1st IAGC International Conference). E3S Web of Conferences. Tomsk. Vol. 98. P. 02008. DOI: 10.1051/e3sconf/20199802008.

13.2. Особенности представления источников в списке на латинице (References)

Для списка литературы на латинице не применимы правила российского ГОСТа, поскольку используемые в нем знаки не воспринимаются зарубежными системами и ведут к ошибкам и потере данных. В списке литературы на латинице выходные данные издания представляются в соответствии с международными правилами, которые позволят автоматизированным информационным системам распознать источник.

Источники на кириллице переводятся в латинизированный формат с помощью сочетания транслитерации и перевода (см. описания и примеры ниже).

Если в источнике на кириллице есть перевод названия на английский, использовать следует именно его (это не отменяет параллельной транслитерации в случаях из описаний ниже!). Также из источника (при наличии) следует взять транслитерации Ф.И.О. авторов и редакторов.

Список литературы в латинице можно готовить с помощью систем транслитерации свободного доступа (<http://www.translit.ru>) во вкладке **Основные** выбираем **BSI**.

Просим авторов строго соблюдать все приведенные ниже правила (включая пробелы, шрифты и другие особенности форматирования, знаки препинания между словами и пр.).

Для русскоязычной монографии/сборника в полное описание входят: автор(ы) (если указаны, транслитерация); название (транслитерация); перевод названия на английский; редактор(ы) (если они указаны, транслитерация); место издания на английском языке; издательство

(перевод, если это организация; транслитерация + Publ., если издательство имеет собственное название); год издания; указание на язык статьи (In Russ.).

Для русскоязычной статьи в полное описание входят: автор(ы) (транслитерация); перевод названия статьи на английский; название источника, в котором опубликована статья (транслитерация или – для журнала – официальное название на английском); перевод названия источника на английский (для журнала не требуется); выходные данные с обозначениями на английском языке; указание на язык статьи (In Russ.).

Указанные схемы (с корректировкой в очевидных местах) применяются также для иностранных источников. Специально обращаем внимание авторов на то, что таким образом один и тот же иностранный источник в традиционном списке и в списке на латинице будет представлен по-разному.

В отличие от форматирования отбор данных для описания References (сокращение списка авторов и пр.) происходит по принципам традиционного списка литературы, приведённым выше.

Исключения: 1) римские цифры нужно заменять арабскими (например, в номерах томов); 2) в названиях и переводах названий книг на английском слова, кроме служебных, пишутся с заглавной буквы (не относится к названиям статей, названиям на других языках и транслитерации названий!); 3) для журнальных статей допускается представление источника в сокращённом формате (с пропуском названия статьи и слов в выходных данных, см. пример).

Примеры представления источников в References:

Статья из журнала

Ревуцкая О.Л., Красота Т.Г. Производственный потенциал Еврейской автономной области: оценка и сопоставление с регионами Дальневосточного Федерального округа // Региональные проблемы. 2020. Т. 23, № 4. С. 22–34. DOI: 10.31433/2618-9593-2020-23-4-22-34.

Транслитерация

Revutskaya O.L., Krasota T.G. Production potential of the Jewish Autonomous Region: assessment and comparison with the regions of the Far Eastern Federal. *Regional'nye problemy*, 2020, vol. 23, no. 4, pp. 22–34. (In Russ.). DOI: 10.31433/2618-9593-2020-23-4-22-34.

Статьи из сборников и материалов конференций

Комарова Т.М., Калинина И.В., Мищук С.Н. Социально-демографическая безопасность приграничного региона (на примере Еврейской автономной области) // Вопросы географии: сб. 141: Проблемы регионального развития России. М.: Кодекс, 2016. С. 578–594.

Комарова Т.М. Демографическая безопасность стран Центральной Азии: взгляд извне // Современные проблемы регионального развития: материалы VII Всерос. науч. конф. / под ред. Е.Я. Фрисмана. Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 2018. С. 341–344. DOI: 10.31433/978-5-904121-22-8-2018-341-344.

Транслитерация

Komarova T.M., Kalinina I.V., Mishchuk S.N. Sociodemographic security of a Border Region: a case study of Jewish Autonomous Oblast, in *Voprosy geografii: no. 141: Problemy regional'nogo razvitiya Rossii* (Problems of Geography: no 141: Problems of Regional Development of Russia). Moscow: Kodeks Publ., 2016, pp. 578–594. (In Russ.).

Komarova T.M. Demographic security of the Central Asian countries: looking from the outside,

in *Sovremennye problemy regional'nogo razvitiya* (Present Problems of Regional Development). Birobidzhan: ICARP FEB RAS, 2018, pp. 341–344. (In Russ.).

Монография

Рубцова Т.А. Деревья, кустарники, лианы Еврейской автономной области и их использование в озеленении. Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 2021. 181 с.

Петрищевский А.М. Гравитационный метод оценки реологических свойств земной коры и верхней мантии: в конвергентных и плюмовых структурах Северо-Востока Азии. М.: Наука, 2013. 192 с.

Транслитерация

Rubtsova T.A. *Derev'ya, kustarniki, liany Evreiskoi avtonomnoi oblasti i ikh ispol'zovanie v ozelenenii* (Trees, shrubs, lianas of the Jewish Autonomous Region and their use in planting of greenery). Birobidzhan: ICARP FEB RAS, 2021. 181 p. (In Russ.).

Petrishchevsky A.M. *Gravitatsionnyi metod otsenki reologicheskikh svoistv zemnoi kory i verkhnei mantii: v konvergentnykh i plyumovykh strukturakh Severo-Vostochnoi Azii* (Gravity method for evaluation of rheological properties of the crust and uppermost mantle: in the convergent and plume structures of the North-East Asia. Moscow: Nauka Publ., 2013. 192 p. (In Russ.).

Материалы конференции

Современные проблемы регионального развития: материалы VII Всероссийской научной конференции / под ред. Е.Я. Фрисмана. Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 2018. 459 с.

Транслитерация

Sovremennye problemy regional'nogo razvitiya: materialy VII Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii (Present Problems of Regional Development: materials of the VII All-Russian Scientific Conference), Frisman E.Ya., Ed. Birobidzhan: ICARP FEB RAS, 2018. 459 p. (In Russ.).

Диссертация

Потурай В.А. Органическое вещество в полуостровных и континентальных гидротермальных системах Дальнего Востока: дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Биробиджан, 2019. 160 с.

Транслитерация

Poturay V.A. Organic matter in the peninsular and continental hydrothermal systems of the Far East. Dissertation of cand. Sci. (geol. –mineral.). Birobidzhan: ICARP FEB RAS, 2018. 459 p. (In Russ.).

Автореферат диссертации

Потурай В.А. Органическое вещество в полуостровных и континентальных гидротермальных системах Дальнего Востока: автореф. дисс. ... канд. геол.-минерал. наук. Биробиджан, 2019. 19 с.

Транслитерация

Poturay V.A. Organic matter in the peninsular and continental hydrothermal systems of the Far East. Extended Abstract of Cand. Sci. (geol.-mineral.) Dissertation. Birobidzhan: ICARP FEB RAS, 2018. 19 p. (In Russ.).

Электронный ресурс удаленного доступа

Горюхин М.В. К созданию карты атмосферных и водных экологических ситуаций Еврейской автономной области // Региональные проблемы. 2020. Т. 23, № 4. С. 11–16. URL: <http://regional-problems.ru/index.php/RP/article/view/693> (дата обращения: 07.04.2021).

Транслитерация

Goryukhin M.V. Approaches to creating a map of atmospheric and water ecological situations in the Jewish autonomous region. *Regional'nye problemy*, 2020, vol. 23, no. 4, pp. 11–16. Available at: <http://regional-problems.ru/index.php/RP/article/view/693> (accessed: 07.04.2021). (In Russ.).

Статья из журнала на англ. яз.

Neverova G.P., Zhdanova O.L., Frisman E.Y. Effects of natural selection by fertility on the evolution of the dynamic modes of population number: bistability and multistability // *Nonlinear Dynamics*. 2020. Vol. 101, N 1. P. 687–709. DOI: 10.1007 / s11071-020-05745-w.

Транслитерация

Neverova G.P., Zhdanova O.L., Frisman E.Y. Effects of natural selection by fertility on the evolution of the dynamic modes of population number: bistability and multistability. *Nonlinear Dynamics*, 2020, vol. 101, no. 1, pp. 687–709.

Статья из сборника на англ.яз.

Poturay V.A. Alkanes in a number of hydrothermal systems of the Russian Far East // 16th International Symposium on Water-Rock Interaction (WRI) and 13th International Symposium on Applied Isotope Geochemistry (1st IAGC International Conference). E3S Web of Conferences. Tomsk. Vol. 98. P. 02008. DOI: 10.1051/e3sconf/20199802008.

Транслитерация

Poturay V.A. Alkanes in a number of hydrothermal systems of the Russian Far East. *16th International Symposium on Water-Rock Interaction (WRI) and 13th International Symposium on Applied Isotope Geochemistry (1st IAGC International Conference)*. E3S Web of Conferences. Tomsk, no. 98, pp. 02008.

14. В конце рукописи необходимо четко указать название учреждения, фамилию, имя, отчество, ученую степень, звание, почтовый адрес (с индексом) и телефон автора, с которым редакция будет решать вопросы, возникающие при работе с текстом.