**ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ**

УДК 652.62

**О РАЗВИТИИ ВНУТРЕННЕГО ВОДНОГО ТРАНСПОРТА**

*В.А. Кривошей, д.т.н., НП «Национальный центр водных проблем», Москва*

В статье проведен анализ Стратегии развития внутреннего водного транспорта на период до 2030 г. Приведено сопоставление фактических и прогнозируемых грузовых и пассажирских перевозок. Показано, что прогнозируемые перевозки существенно завышены, а предлагаемые для развития внутреннего водного транспорта мероприятия, необоснованны.

*Ключевые слова*: водные ресурсы, внутренние водные пути, внутренний водный транспорт, речной транспорт, гидроузлы, судоходство, судоходные гидротехнические сооружения.

29 февраля 2016 г. вышло распоряжение Правительства Российской Федерации № 327 об утверждении Стратегии развития внутреннего водного транспорта на период до 2030 г. Документ очень важный и крайне необходимый для речной отрасли, но в последние годы таких документов было достаточно много. И приняв новый документ, Правительство РФ фактически признало, что предыдущие документы своей цели не достигли. Протяженность внутренних водных путей как была 101,7 км, так и осталась. Количество судоходных сооружений, включая плотины, дамбы, шлюзы, насосные станции и гидроэлектростанции, как было 723, так и осталось. Удалось, правда, построить вторую нитку Кочетовского шлюза, что несколько улучшило условия судоходства в районе гидроузла, но на рост грузопотоков никак не повлияло.

Пропускная способность судоходных сооружений также в основном не изменилась. Но на некоторых участка пути уменьшились глубины, что связано в основном с сокращением грузопотоков и уменьшением объемов дноуглубления. Уменьшилось также количество судоходных знаков, но зато появились электронные навигационные карты, что несколько улучшило условия и безопасность судоходства. В целом же внутренние водные пути России не претерпели каких-либо значимых изменений и по-прежнему относятся к наивысшему классу внутренних водных путей по международной классификации. Причем по некоторым параметрам внутренние водные пути нашей страны существенно превосходят внутренние водные пути развитых стран Запада.

Серьезные проблемы имеются с речным флотом, положение которого все более и более ухудшается. Причем никакие решения Правительства РФ и Минтранса России не помогают.

До развала Советского Союза на учете в Российском речном регистре состояло более 40000 судов, в то время как сегодня только 13022. Восполнение флота практически не осуществляется. Около 800 речных судов, которые построены за последние 15 лет – это капля в море. В Советском Союзе примерно такое количество судов (более 700 единиц) вводилось в эксплуатацию ежегодно и в результате флот обновлялся и совершенствовался. Сегодня же об обновлении и совершенствовании флота говорить не приходится.

Что касается перевозок грузов внутренним водным транспортом, то они также падают. Начиная с 1950 г., когда бурное развитие получили железнодорожный, автомобильный и трубопроводный транспорт, роль внутреннего водного транспорта стала быстро снижаться. И если в 1950 г. речным транспортом перевозилось 8,8% грузов, то к 2005 г. речным транспортом перевозилось уже только 2,1%, а в настоящее время – всего около 1%. Если в Советском Союзе перевозки грузов речным транспортом достигали 580 млн тонн, то в настоящее время они составляют всего лишь около 120 млн т, что в 4,8 раза меньше. Если в Советском Союзе перевозки пассажиров по внутренним водным путям достигали 103 млн человек, то сегодня они только 12,7 млн человек, что в 7,9 раза меньше. При этом можно сколько угодно говорить об экономичности внутреннего водного транспорта, но практика показывает, что таковым он уже не является. И причины здесь не во внутренних водных путях, и не в глубине 4 м, как пытаются представить некоторые работники Минтранса России, а в отсутствии продуманной воднотранспортной политики, падении грузопотоков, тяготеющих к водному транспорту, и самом речном транспорте, который становится неконкурентоспособным.

В далекие времена самым экономичным и самым экологичным видом транспорта был гужевой. Но в дальнейшем он уступил свои позиции речному транспорту, который оказался эффективнее гужевого. Наилучшие времена для речного транспорта наступили в XX в., когда последовательно были построены Беломорско-Балтийский канал, канал Москва-Волга (ныне канал имени Москвы), Волго-Донской судоходный канал и Волго-Балтийский водный путь. Судоходные сооружения были построены также на Волге, Каме, Дону и других реках России, что позволило кардинально улучшить судоходные условия. Своевременно обновлялась и совершенствовалась судоходная обстановка, проводились большие объемы дноуглубительных работ, ежегодно вводились в эксплуатацию сотни новых грузовых и пассажирских судов. Все это привлекало грузопотоки и делало речной транспорт востребованным и рентабельным.

Сегодня ситуация совершенно иная. С электрофикацией железнодорожного транспорта и появлением более современных видов транспорта – автомобильного, трубопроводного и авиационного, эффективность работы внутреннего водного транспорта существенно упала. В результате наиболее востребованным внутренний водный транспорт на сегодняшний день остается лишь в отдаленных районах Сибири и Крайнего Севера, где является пока безальтернативным видом транспорта. В Европейской части России внутренний водный транспорт проигрывает основным своим конкурентам.

На *рис. 1, 2* показаны тенденции с перевозкой грузов и пассажиров внутренним водным транспортом на период с 2000 г. по 2030 г. Видно, что если перевозка грузов не претерпит значимых изменений и будет в районе 130 млн тонн, то перевозка пассажиров внутренним водным транспортом может существенно уменьшиться, сократившись ниже 5 млн человек в год. Фактически это будет означать потерю пассажирских речных перевозок и дальнейшее сокращение численности пассажирских речных судов. Причем изменить тренд перевозки пассажиров уже практически не удастся. А это говорит о том, что внутренний водный транспорт окончательно проиграл борьбу за пассажира и поэтому возврата к былым временам уже не предвидится.

|  |  |
| --- | --- |
| *Рис. 1.* **Тренд перевозки грузов внутренним водным транспортом на период до 2030 г.** | *Рис. 2.* **Тренд перевозки пассажиров внутренним водным транспортом на период до 2030 г.** |

Анализ факторов снижения речных перевозок, указанных в Стратегии развития внутреннего водного транспорта, показывает, что они определены в основном правильно. Инфраструктура внутренних водных путей среди этих факторов занимает далеко не главное значение. Вместе с тем в Стратегии опять предлагается строительство Нижегородского низконапорного гидроузла на р. Волге (2016-2020 гг.), строительство Багаевского гидроузла на р. Дону (2016-2020 гг.) и проектирование вторых ниток Волго-Донского судоходного канала (2027-2030 гг.). При этом более экономичные и более экологичные варианты решения проблем водного транспорта [3-5] даже не рассматриваются, что свидетельствует о необоснованности принимаемых решений.

Главным фактором снижения речных перевозок, как и ранее, остается сам водный транспорт, имеющий высокую строительную стоимость судов, большие эксплуатационные расходы и несоответствие габаритов судов габаритам водного пути.

Для повышения эффективности работы внутреннего водного транспорта Минтранс России предлагает обеспечить государственную поддержку развития перевозок, которая в соответствии со Стратегией позволит увеличить грузовые перевозки к 2030 г. (*рис. 3*) до 242,2 млн тонн (т.е. в 1,94 раза), а пассажирские перевозки (*рис. 4*) – до 16,6 млн пассажиров (т.е. в 1,38 раза).

Вместе с тем, анализ этого прогноза и его сопоставление с трендом перевозок, представленным на рис. 1 и 2 показывает, что прогнозные данные существенно завышены и с реальностью ничего общего не имеют. Кроме того они увязываются с предлагаемым Минтрансом России перераспределением грузопотоков с наземных видов транспорта на внутренний водный транспорт.

|  |  |
| --- | --- |
| *Рис. 3.* **Прогноз Минтранса России перевозки грузов внутренним водным транспортом на период до 2030 г.** | *Рис. 4.* **Прогноз Минтранса России перевозки пассажиров внутренним водным транспортом на период до 2030 г.** |

Предложение о перераспределение части грузопотоков с наземных видов транспорта на внутренний водный транспорт чем-то напоминает собой план переброски части стока северных рек в Волгу. Но чем закончилась эта идея переброски стока всем хорошо известно. По-видимому, этим же закончится и перераспределение грузопотоков, поскольку в течение двух с половиной десятилетий в стране строили рыночную экономику, а сейчас предлагается законодательно определять кому, что и куда везти. Ни грузоотправители, ни грузополучатели это никогда не поддержат, поскольку экономически такой механизм не оправдан.

Важным направлением в Стратегии развития является обеспечение роста конкурентоспособности внутреннего водного транспорта. Для достижения этой цели предлагается решить следующие основные задачи:

– обеспечение обновления и роста тоннажа речного флота;

– обновление речного флота судовладельцев, осуществляющих завоз грузов в районы Крайнего Севера и приравненные к ним местности, на основе реализации механизма операционного лизинга судов;

– строительство 13550 грузовых и вспомогательных судов, в том числе 750 самоходных грузовых судов внутреннего плавания и 490 судов смешанного (река-море) плавания.

Задумки действительно грандиозные. Особенно впечатляет строительство 13550 судов, при том, что в настоящее время эксплуатируется всего 13022 судна.

Кто обосновал такое строительство и возможно ли оно до 2030 г., если за предыдущие 15 лет в России построено всего около 800 судов? Даже в Советском Союзе, где строительство судов было поставлено на поток, и то строилось в полтора раза меньше, чем предложено в Стратегии. Таким образом, в Стратегию заложены на практике не реализуемые положения, которые фактически не подкреплены ни судостроительной базой, ни финансовыми ресурсами.

Нельзя обойти вниманием и обеспечение роста тоннажа флота, который предлагается увеличить на 34% (с 8,13 млн тонн до 11,00 млн тонн). Ясно, что это также на практике не реализуемое положение Стратегии, поскольку выбытие судов из эксплуатации в 20 раз превосходит их ввод. Кроме того, зачем нужен такой тоннаж флота, если даже действующий тоннаж не загружен и в перспективе его загрузка не просматривается.

Следует обратить внимание и на положение Стратегии, где говорится о разработке проектов судов для восточных речных бассейнов, в том числе мелкосидящего флота, на основе предложенной сетки, с «учетом требований грузовладельцев и судовладельцев». Запись весьма важная, но то, что она сделана в самом конце Стратегии и касается только восточных бассейнов говорит о недопонимании этого важного вопроса разработчиками Стратегии.

Сетка судов нужна, прежде всего, для наиболее загруженных участков водного пути, где имеются судоходные гидротехнические сооружения. Отсутствие такой сетки судов ведет к снижению судопропускной способности пути и негативно сказывается на эффективности работы всего речного флота, эксплуатирующегося на данном участке водного пути.

На необходимость разработки сетки судов указывалось еще в работах 90-х гг. прошлого века. Но данные предложения остались без должного внимания. И только сейчас, спустя более 20 лет, Минтранс России, по-видимому вспомнил об этих работах, но к этому времени речному флоту нанесен такой ущерб, что для его компенсации потребуются многие годы, при условии системной и бескомпромиссной работы Минтранса России. Если же в этом вопросе Минтранс России будет и далее «плыть по течению», преклоняясь перед требованиями грузовладельцев и судовладельцев, то опять ничего хорошего не получится. Ориентироваться необходимо не на требования грузовладельцев и судовладельцев, а на реальные условия судоходства и эффективность работы флота, причем не только крупнотоннажного. Лошадь должна быть запряжена впереди телеги, но никак не сзади. То есть, вначале сетка судов, а затем уже строительство флота. В противном случае, результат от реализации Стратегии развития будет «как всегда».

Особо следует подчеркнуть, что Стратегия развития внутреннего водного транспорта адресована не судовладельцам, не грузоотправителям, не работникам Минтранса России, а прежде всего Правительству РФ, которое должно выделить финансовые средства на развитие инфраструктуры внутренних водных путей и строительство речного флота, а также обеспечить речной транспорт грузами. Как говорится «приплыли».

Обеспечивать речной флот грузами Правительство РФ точно не будет. Это проблема отрасли и конкретных судовладельцев, которые должны не только заниматься поиском грузопотоков, но и постоянно доказывать, что перевозки внутренним водным транспортом существенно лучше и экономичнее. А для этого необходимо строить современный флот и минимизировать его эксплуатационные расходы.

В ключе вопросов, изложенных в Стратегии, 15 августа 2016 г. в г. Волгограде прошло заседание президиума Госсовета России. При этом, несмотря на то, что главные проблемы непосредственно связаны с внутренним водным транспортом, повестка заседания президиума Госсовета была посвящена вопросу «О развитии внутренних водных путей Российской Федерации», которые, как уже отмечалось, относятся к наивысшему классу, а по целому ряду параметров существенно превосходят внутренние водные пути развитых стран Запада.

На заседании президиума Госсовета прозвучали в основном те же положения, что и в Стратегии. Как мантру произносили слова о том, что «основным препятствием в работе внутреннего водного транспорта являются инфраструктурные ограничения» и поэтому необходимо строительство Нижегородского и Багаевского гидроузлов. Говорили об экономичности и экологичности водного транспорта и сравнивали загрузку одного крупнотоннажного судна и 20-тонного автомобиля. Не забыли о падении речных перевозок и многократном превышении выводимых из эксплуатации судов над строительством новых и т.д. Единодушие было практически полное. Благо на заседании не было представителей Минфина России, Минэкономразвития России, Росрыбвода, независимых экологов и работников науки.

Прозвучало со стороны Минтранса России и предложение брать платежи с энергетиков, чтобы вкладывать их в развитие внутренних водных путей, поскольку «...при создании гидроэлектростанций естественное течение реки было перекрыто...» и «условия судоходства, которые раньше были естественными, существенно усложнились...».

Ранее такие платежи обосновывали необходимостью поддержания напорного фронта водохранилищ, что имело под собой основания. Теперь же платежи предлагается брать за нарушенные условия судоходства. С одной стороны, условия судоходства действительно нарушены. Но с другой стороны, на внутренних водных путях появились такие глубины, о которых речники и мечтать не могли. Была создана Единая глубоководная система, загрузка судов значительно увеличилась, а такое понятие как «телячий брод», когда с одного берега Волги на другой перегонялся скот, забыли. Но означает ли это, что энергетики должны брать плату с транспортников за увеличение судоходных глубин? Естественно, нет. Тем более, что определенные проблемы энергетиками все же созданы, поскольку на некоторых сибирских реках при строительстве ГЭС не были предусмотрены судоходные сооружения. Вместе с тем эти проблемы не являются особо значимыми, подтверждением чему является работа Красноярского судоподъемника, введенного в эксплуатацию в 1982 г. Предполагалось, что благодаря судоподъемнику через гидроузел в течение 5 месяцев навигации можно будет пропускать до 500 тыс. тонн груза. Но к таким параметрам судоподъемник никогда не приближался и в настоящее время из-за отсутствия грузов практически не работает.

Сомнительным является также заявление Минтранса России и в том, что «в условиях маловодности рек этот недостаток мог быть компенсирован строительством судов с меньшей осадкой и увеличенной шириной». Во-первых, суда не должны строиться для условий маловодности или многоводности рек. Они строятся, исходя из габаритов водного пути, которые могут быть обеспечены с определенной гарантией. Во-вторых, речные суда с меньшей осадкой могут строиться и сегодня. Они с легкостью могут перевезти сотни миллионов тонн груза, что в несколько раз больше, чем перевозится сегодня. В-третьих, шириной судна, как правило, сложно компенсировать потерю осадки, поскольку это может потребовать не только значительного увеличения ширины судна, но и существенного изменения его технических характеристик.

Особо следует остановиться на словах Президента РФ В.В. Путина, который обратил внимание на то, что «... на реках пересекаются интересы самых разных отраслей экономики, а федеральные органы власти замыкаются на сугубо ведомственных решениях, которые зачастую противоречат друг другу. Это известная ситуация, когда каждый тянет в свою сторону, а реки, качество водных путей, состояние их инфраструктуры далеко не всегда при этом выигрывают. Ясно, что здесь необходима координация работы ведомств. Структура, обладающая такими полномочиями, у нас есть: это Правительственная комиссия по вопросам природопользования и охраны окружающей среды. Правда, насколько известно, проблемами водных путей она пока тоже как следует не занимается. Полагаю, что наш Президиум и его решения активизируют работу и этой Комиссии».

Это предложение было полностью поддержано руководителем рабочей группы президиума Государственного совета Российской Федерации, Губернатором Астраханской области А. А. Жилкиным, который обращаясь к Президенту РФ предложил «... дать чёткое понимание того, чьи интересы в каждом конкретном случае приоритетны: или рыбного хозяйства, или судоходства, или гидроэнергетики. Считаем, что для управления этими процессами необходим системный координатор – возможно, в рамках той Комиссии, о которой Вы упоминали, которая будет работать надведомственно».

Необходимо подчеркнуть, что такие слова на президиуме Государственного совета Российской Федерации прозвучали впервые. И это обнадеживает. Может быть действительно Правительственной комиссии удастся определиться с приоритетностью в использовании водных ресурсов и вода из водохранилищ в необходимом объеме для сельского и рыбного хозяйства наконец-то будет поступать в период половодья, а для водного транспорта – в период навигации. Зимой конечно она тоже нужна, но, наверное, не в таком объеме как сегодня. Решив вопрос приоритетности использования водных ресурсов можно будет определиться и с необходимостью реализации некоторых проектов. Зачем, например, будут нужны Нижегородский и Багаевский гидроузлы, если их строительство не подкрепляется грузопотоками, а крупнотоннажный флот ускоренно выводится из эксплуатации. Ни по экономическим, ни по экологическим, ни по социально-демографическим и политическим показателям такие гидроузлы построены быть не должны. В равной степени это относится и к второй нитке Волго-Донского судоходного канала, проектирование которого согласно Стратегии развития намечено на 2027-2030 годы. Выделять деньги на обоснование такого строительства в такой далекой и непредсказуемой перспективе не только бессмысленно, но и абсурдно.

**Литература**

1. Кривошей В.А. О речном транспорте и его проблемах // Природно-ресурсные ведомости, 2010. № 7 (358).

2. Кривошей В.А. Единая глубоководная // Недвижимость и инвестиции. Правовое регулирование, 2008. № 4 (37).

3. Кривошей В.А. Нижегородский гидроузел. Быть или не быть? // Астраханский вестник экологического образования, 2016. № 1 (35).

4. Кривошей В.А. Зачем нужен Багаевкий гидроузел? // Право и инвестиции, 2013. № 1-2.

5. Кривошей В.А. Следует подумать и о Волге // Природно-ресурсные ведомости, 2015. № 3 (414).

*Сведения об авторе:*

Кривошей Владимир Александрович, д.т.н., Президент Некоммерческого партнерства «Национальный центр водных проблем», 108811, Москва, г.п. Московский, Бизнесс-парк «Румянцево», тел. 8 (916) 267-89-86, е-mail: np ncvp@mail.ru.

**ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ И ПОЧВЫ**

УДК 631.42

**Эколого-экономическая оценка земель: методология**

**и перспективы развития**

*О.А. Макаров, д.б.н., Е.В. Цветнов, к.б.н., Я.Р. Ермияев*

*Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова*

Эколого-экономическая оценка земель определена как установление убытков или преимуществ в денежной форме от использования различных природных объектов и окружающей среды в целом, а также – природоохранных технологий. Проведен подробный анализ методов указанной оценки. Установлено, что в России преобладают подходы, связанные с определением наносимого землям в результате процессов деградации, загрязнения, захламления и порчи ущерба/вреда. Отмечается, что методы эколого-экономической оценки земель, основанные на определении прибыли от их оптимального использования и на сопоставлении этой прибыли с убытками, в том числе от их нерационального использования, имеют наибольшую перспективу для выработки стратегии устойчивого развития территорий.

*Ключевые слова:* эколого-экономическая оценка, ущерб, вред, устойчивое землепользование, экосистемные сервисы.

Эколого-экономическая оценка земель (территорий, окружающей среды) всё чаще применяется в практике природо- и землепользования в Российской Федерации: определяют величину ущерба/вреда от деградации, загрязнения и захламления почв и земель, рассчитывают платежи за выбросы, сбросы, размещение твердых отходов промышленными предприятиями и т.д. Методы эколого-экономической оценки достаточно подробно описаны в специальной научной литературе [1-3].

Однако необходимо признать, что принципы эколого-экономической оценки могут опираться на взаимоисключающие методологические подходы, отсутствуют адекватные дефиниции этого вида оценки земель. Систематизации методологических приемов и методов, включая новейшие из них, посвящена настоящая статья.

Эколого-экономическая оценка занимает особое место в системе оценки земель (*рис. 1*). Использование методов эколого-экономической оценки подразумевает определение убытков или преимуществ, выраженных в денежной форме, от использования различных природных объектов, окружающей среды в целом, на определенном земельном участке, а также от использования природоохранных (или природосберегающих) технологий. Таким образом, эколого-экономическую оценку земель можно определить как установление убытков или прибылей, рассчитанных на основе оценки качества отдельных природных компонентов и окружающей среды в целом, а также – на основе оценки эффективности применения природоохранных и природосберегающих технологий. Указанное определение, разумеется, не является исчерпывающим, в том числе, в силу интенсивного развития новых принципов и методов эколого-экономической оценки.

Выделяются следующие разновидности эколого-экономической оценки земель:

– оценка экологического ущерба/вреда (фактического, предотвращенного, накопленного, вероятного и т.д.), связанного с загрязнением, деградацией и захламлением почв и земель

– оценка величины ставок экологического налога при загрязнении, деградации и захламлении земельных участков/экологических платежей при загрязнении и захламлении земельных участков;

– корректировка стоимости земель (использование экологических поправочных коэффициентов к стоимости земельных участков, разработка специальных методов оценки загрязненных, деградированных и захламленных земель);

– экономическая интерпретация экосистемных сервисов (услуг).

# Оценка земель

Экономическая оценка (оценка стоимости) зе-мель

Бонитировка почв земель сельско- и лесохозяйствен-ного назначения

Экологическая оценка земель

**Эколого-экономическая оценка земель**

*Кадаст-ровая оценка земель*

*Оценка потреби-тельной стоимости земель*

*Оценка рыночной стоимости земель*

*Оценка ликвида-ционной стоимости земель*

*Оценка инвес-тиционной стоимости земель*

*Оценка загрязнен-ности земель*

***Оценка деградиро-ванности почв и земель***

*Экономичес-кая интерпре-тация экосис-темных серви-сов (услуг), в том числе, «*

***Корректировка (уменьшение или увеличе-ние) стоимос-ти земель***

**Другие виды неэкономической и неэкологической оценки земель (агрохимическая, культурно-ис-торическая,** **национальная и т.д.)**

*Оценка величины ставок экологического налога/*

*экологических платежей при загрязнении и захламлении земельных участков*

*Оценка захламлён-ности земель*

***Интегральная оценка состояния (качества) земель (показатель потери экологичес-кого качества ПЭК и др.)***

Эколого-бонитировочная оценка почв

***Оценка экологического ущерба/вреда (фактического, предотвращенного, накоплен-ного, вероят-ного и т.д.), связанного с загрязнением, деградацией и захламлением почв и земель***

*Рис. 1.* **Виды оценки земель**

**1. Краткая характеристика основных разновидностей**

**эколого-экономической оценки земель**

**1.1. Оценка экологического ущерба/вреда (фактического, предотвращенного, накопленного, вероятного и т.д.), связанного с загрязнением, деградацией и захламлением почв и земель**

***1.1.1.*** ***Оценка фактического ущерба/вреда от загрязнения, деградации и захламления земельных участков.*** Как известно, в соответствии со ст. 4 Федерального закона от 10 января 2002 г. N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [4], почвы и земли являются объектом охраны окружающей среды от загрязнения, истощения, деградации, порчи, уничтожения и иного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности. Статьями 77, 78 этого закона предусмотрены обязанность полного возмещения вреда и порядок компенсации вреда окружающей среде, а ст. 1 его же определяет вред окружающей среде как «…негативное изменение окружающей среды в результате ее загрязнения, повлекшее за собой деградацию естественных экологических систем и истощение природных ресурсов».

В большинстве случаев понятия «вред» и «ущерб» являются равнозначными по своему смыслу [1], однако, термин «вред» является более комплексным, чем «ущерб» и может выражаться не только в денежных единицах, а, например, – в баллах (потери экологического качества конкретных природных компонентов).

Существует два основных способа исчисления размеров ущерба/вреда, нанесенного почвам и землям [5]:

1) исходя из затрат на проведение полного объема работ по очистке загрязненных земель, восстановлению деградированных земель, изъятию отходов с захламленных участков;

2) в случае невозможности оценить указанные затраты, размеры ущерба от загрязнения земель рассчитываются по формулам, учитывающим площадь, глубину и степень загрязнения, деградации и захламления, экономические характеристики исследуемого региона и специальные земельные таксы, назначаемые нормативным путем.

Наиболее распространенными методиками оценки ущерба/вреда являются:

1) «Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами» (утв. Роскомземом 10 ноября 1993 г. и Минприродой России 18 ноября 1993 г.) – *в настоящее время не действует* [5];

2) «Методика определения размеров ущерба от деградации почв и земель» (утв. приказом Роскомзема и Минприроды России от 17 июля 1994 г.) – *в настоящее время не действует* [6];

3) «Методика исчисления размера ущерба, вызванного захламлением, загрязнением и деградацией земель на территории Москвы» (утв. Постановлением Правительства Москвы от 22 июля 2008 г. № 589-ПП) – *в настоящее время не действует* [7];

4) «Методика исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды» (утв. приказом Минприроды России от 8 июля 2010 г. № 238) – *действующая методика* [8].

***1.1.2. Оценка предотвращенного экологического ущерба.*** Расчет этого вида ущерба может проводиться в соответствии с «Временной методикой определения предотвращенного экологического ущерба» (Госкомэкология России, 1999) [9]. Методика предназначена для получения укрупненной эколого-экономической оценки ущерба, предотвращаемого в результате осуществления государственного экологического контроля, реализации экологических программ и природоохранных мероприятий, выполнения мероприятий в соответствии с международными конвенциями в области охраны окружающей природной среды, осуществления государственной экологической экспертизы, лицензирования природоохранной деятельности, мероприятий по сохранению заповедных природоохранных комплексов и других видов деятельности.

Под предотвращенным экологическим ущербом понимается определение материальных и финансовых потерь и убытков (включая упущенную выгоду) от ухудшения состояния окружающей природной среды в целом или ее отдельных компонентов, которые удалось избежать в результате проведения природоохранных мероприятий. При этом предотвращенный ущерб земельным ресурсам представляет собой оценку в денежной форме отрицательных последствий, связанных с ухудшением и разрушением почвенного покрова, которые удалось избежать (предотвратить) в результате своевременного проведения тех или иных почвоохранных, природоохранных и других мероприятий.

***1.1.3. Оценка вероятного ущерба (оценка риска) загрязнения почв.*** В соответствии со ст. 1 в Федерального закона РФ от 10 января 2002 от № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» как «…вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера» [4]. Вполне очевидно, что определение риска от химического загрязнения почв как «нежелательные для человека и почв последствия антропогенной деятельности, которые могут произойти с определенной долей вероятности» [10] в значительной степени базируется на указанном выше представлении об экологическом риске. Кроме того, риск загрязнения почв чаще всего рассматривается при существующем уровне техногенной нагрузки без учета возникновения аварийных ситуаций и катастроф природного и/или техногенного характера, которые могут «сломать» или даже уничтожить любую экосистему [3].

Чтобы сделать оценку риска количественной, в настоящее время вводят понятие риска R, определяемого как произведение вероятности Р неблагоприятного события (аварии, катастрофы и т. д.) и ожидаемого ущерба У в результате этого события [11]:

R = PУ (1)

или

 (2),

если могут иметь место несколько (i) неблагоприятных событий с различными вероятностями Рi и соответствующими им ущербами Уi.

Возможно избежать присутствие двух вероятностных величин в одной формуле (относится и к формуле (1), и к формуле (2)), видоизменив понятие риска R как вероятности Р того, что почвам в результате их загрязнения будет нанесен максимально возможный ущерб Уmax [12]:

R = PУmax (3)

При этом рассчитать величину максимального ущерба от загрязнения возможно, использовав рассмотренные выше методики для максимально возможного загрязнения почв. А для оценки вероятности Р можно использовать любые шкалы нормирования – точнее, шкалы ранжирования – качества почв и окружающей среды в целом [13-16]. Обычно здесь выдвигается предположение о том, что вероятность ухудшения состояния (загрязнения) почв будет тем выше, чем хуже это состояние в настоящий момент. Например, если состояние почвы в результате ее загрязнения химическими веществами соответствует катастрофическому уровню (*табл. 1*), то величина P (вероятность нанесения максимально возможного ущерба Уmax от этого загрязнения) оценивается в 100%, или – по шкале 0-1,0 – в 1,0.

Таблица 1

**Экспертная оценка вероятности ухудшения экологического качества окружающей среды [3]**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *Уровни потери качества* | *Потеря экологической ценности ПТК, %* | *Категория степени выраженности экориска* | *P – вероятность ухудшения экологического качества ОС* |
| I – условно нулевой | 0-5 | Очень слабая | 0,05 |
| II – низкий | 6-20 | Слабая | 0,2 |
| III – средний | 21-40 | Средняя | 0,4 |
| IV – высокий | 41-70 | Чрезвычайная | 0,7 |
| V – катастрофический | 71-100 | Катастрофическая | 1,0 |

***1.1.4. Оценка накопленного (прошлого) экологического ущерба.*** В соответствии с [17], «…накопленный экологический ущерб – это выраженный в денежном выражении вред, причиненный окружающей среде или ее компонентам в результате осуществления хозяйственной и иной деятельности, в том числе в результате нарушения природоохранного законодательства, а также убытки (затраты) на ликвидацию и предотвращение отрицательных последствий нанесенного вреда окружающей среде» (раздел 2). Объектами накопленного экологического ущерба «…загрязненные территории, в том числе бесхозяйные территории, образованные в результате прошлой хозяйственной деятельности, а также объекты размещения отходов и иные объекты (здания, сооружения, загрязненные земельные участки, вокруг которых сформировалось загрязнение или, которые, сами являются загрязненными, на которых деятельность под управлением организации осуществлялась в прошлом…». К настоящему времени не разработаны методики расчета накопленного ущерба. При этом природоохранные органы уже давно обратили внимание на необходимость решения указанного вопроса. Так, в письме Госкомэкологии России от 22 декабря 1999 г. № 03-22/24-321 содержались рекомендации по определению размера прошлого экологического ущерба и степени ответственности продавца и покупателя объектов, намечаемых к приватизации. Прошлый экологический ущерб предлагалось рассчитывать, исходя из невозмещенных затрат на восстановление нарушенного в результате хозяйственной деятельности качества окружающей среды с момента введения в действие Закона о приватизации государственного имущества и до принятия решения о приватизации.

**1.2. Оценка величины ставок экологического налога при загрязнении, деградации и захламлении земельных участков**

В соответствии с Ч. I (с изм. от 30 марта, 9 июля 1999 г., 2 января, 5 августа 2000 г., 24 марта 2001 г., 28, 29, 30 декабря 2001 г.) Налогового кодекса РФ [18], налогоплательщиками экологического налога признаются организации (ст. 18), индивидуальные предприниматели и физические лица (ст. 24 и 26), производящие на территории РФ, ее континентального шельфа и (или) исключительной экономической зоны вредное воздействие на окружающую природную среду.

Однако в настоящее время экологический налог не уплачивается, а используются экологические платежи, по сути дела являющиеся платой за загрязнение окружающей природной среды.

С момента введения в 1992 г. этих платежей перечень их видов оставался также неизменным: они взимаются за нормативные и сверхнормативные выбросы (сбросы) загрязняющих веществ и размещение отходов. Напомним, что для каждого предприятия нормативы предельно-допустимых выбросов отражены в специально подготовленном Проекте нормативов предельно-допустимых выбросов (ПДВ), предельно-допустимых сбросов – Проекте нормативов предельно-допустимых сбросов (ПДС), размещения отходов – в Проекте нормативов образования и лимитов размещения отходов (ПНООЛР).

Принципиально платежи от налогов отличаются «непривязанностью» первых к доходам предприятия. Поэтому государство в лице налоговых чиновников пытается (и пока успешно) отказаться от экологических налогов в пользу экологических платежей.

**1.3. Корректировка стоимости земель (использование экологических поправочных коэффициентов к стоимости земельных участков, разработка специальных методов оценки загрязненных земель)**

Очевидно, что практика землепользования требует оценки рыночной, потребительной, кадастровой, инвестиционной, ликвидационной стоимости не только чистых и плодородных, но и химически загрязненных и деградированных земельных участков.

В том случае, когда речь идет о кадастровой стоимости земельных участков, существует два принципиально различных подхода к ее корректировке на основе сведений о загрязнении и деградации:

1) загрязнение и/или деградация земель происходят по вине землевладельца или арендатора этих же территорий – в этом случае корректирующие коэффициенты должны повышать величину кадастровой стоимости (чтобы возрастали ставки земельного налога или арендной платы «виновника» загрязнения и/или деградации;

2) факторы загрязнения и/или деградации земель находятся за пределами оцениваемой территории – в этом случае корректирующие коэффициенты должны понижать величину кадастровой стоимости (чтобы снижались ставки земельного налога или арендной платы).

Когда же оцениваются другие виды стоимости загрязненного и/или деградированного земельного участка, необходимо проводить их снижение.

Возможны различные механизмы снижения или повышения стоимостных характеристик земель на основе сведений об их экологическом состоянии.

***1.3.1. Методика оценки стоимости загрязненных земель сельскохозяйственного назначения ВНИЭТУСХ.*** В основу Методики положено отношение дифференциальной ренты к норме ссудного процента (кредитной ставке) [19]. Стоимость загрязненной земли (С3) определяется по формуле (4):

С3=ДР3 Кк (4),

где ДР3 – дифференциальная рента загрязненной земли;

Кк – коэффициент капитализации.

Дифференциальная рента рассчитывается по формуле (5):

ДР3 =(Цр-Сф Кр Ку)  Уф, (5),

где Цр – цена реализации ведущей культуры, руб./ц;

Сф – фактическая себестоимость производства ведущей культуры (в среднем за 3года), руб./ц;

Кр – норматив рентабельности, обеспечивающий расширенное производство;

Ку – коэффициент удорожания производства продукции на загрязненных землях;

Уф – урожайность ведущей культуры, фактическая в среднем за 3 года, ц/га.

Специалисты ВНИЭТУСХа пошли дальше в разработке методов экономической оценки загрязненных сельскохозяйственных земель, введя в формулу расчета *коэффициент экологической опасности земли* (при этом дифференциальная рента загрязненной земли не определяется):

СЗ=Др КкЭопКуд, (6),

где СЗ – стоимость химически загрязненной земли, руб./га;

Др – дифференциальная рента, руб./га;

Кк – срок капитализации, лет;

Эоп – коэффициент экологической опасности земли;

Бр – балл пашни района;

Бо – балл пашни области;

Куд – коэффициент удаленности от областного центра.

Коэффициент экологической опасности земли равен:

Эоп**=**** (7),

где ПДКз – предельно допустимая концентрация загрязнителя (ПДКз) или относительно безопасный уровень веществ (ОБУВ);

Фсз – фактическое содержание загрязнителя в почве.

***1.3.2. Метод определения цены земли на почвенно-экологической основе.*** Оценка стоимости земель проводится на основе оценки стоимости почвенного гумуса, подвижных форм питательных веществ и растительной (биологической) массы, произведенной почвой за определенный период времени [20].

Оценка стоимости почвенного гумуса в ряду почв от дерново-подзолистых до типичных и обыкновенных черноземов проводится по формуле (8):

 (8),

где К – усредненное относительное содержание в почве «подвижных» форм гумуса по отношению к общему его количеству;

М – запас гумуса в гумусовом горизонте;

0,0312 – коэффициент пропорциональности.

Для ряда почв от южных черноземов до светло-каштановых эта формула имеет вид:

 (9),

Оцениваемый запас гумуса в почвах рассчитывается по следующей формуле:

 (10),

где М0 – оцениваемый запас гумуса в гумусовом горизонте почвы;

М – общий запас гумуса в гумусовом горизонте почвы;

К – расчетная «константа»;

Тф – фактическая сумма температур выше 10°С на данной территории;

Т3 – средняя «зональная» сумма температур выше 10°С.

Стоимость гумуса определяется на основе зависимости (11):

 (11),

где Цг – стоимость оцениваемой части запаса гумуса почвы (в расчете на га);

100 – индексы ценности, которые д.б. затрачены для создания 1 т гумуса.

Оценка стоимости доступных форм элементов питания для растений проводится по формулам (12) – (15).

Для фосфора:

 (12),

где Рз – запас доступных для растений форм фосфора, кг/га;

Рп – содержание подвижного фосфора, мг/100 г;

М – масса слоя почвы 0-25 см, т/га.

Для калия:

 (13),

где КЗ – запас доступных для растений форм калия, кг/га;

Ко – содержание обменного калия, мг/100 г.

Запасы в почве доступных для растений форм азота (оценочно):

 (14),

где N3 – расчетные запасы доступного для растений азота.

Общая стоимость доступных для растений запасов NPK в почве:

 (15),

где Цп – стоимость запасов доступных для растений основных питательных веществ в почвах в индексах ценности в расчете на га.

Оценка естественного биологического потенциала продуктивных земель рассчитывается следующим образом:

Для непойменных условий:

*Пке* =1,1*\*(*2*-V)\*Дс \*(Σt*>10°C+1500°C)*\*(КУ–0,05)/(КК+*120) (16),

Для пойменных условий:

*Пке =*1,7*\*(*2*–V)\*Дc\*(Σt*>10*°C+*1500°C)\**(КУ–0,05)/(КК+*120) (17),

где Пке – естественная продуктивность земель, цент. корм, ед./ га;

V – усредненная плотность метрового слоя почвы, г/см3;

Дс – коэффициенты на дополнительно учитываемые свойства почвы;

Σt > 10°C – сумма температур более 10°C;

КУ – коэффициент увлажнения (величины КУ более 1,2 берутся равными 1,2);

КК – коэффициент континентальности климата;

числовые величины – коэффициенты пропорциональности.

Оценка естественной продуктивности земель проводится по формуле (18):

*Цр* = *Пке* \* 8,2 \* 33 (18),

где Цр — стоимость растительной массы, индексы ценности/ гектар.

Таким образом, общая оценка стоимости земель сельскохозяйственного назначения на основе их природного потенциала включает в себя три составляющие и рассчитывается по формуле (19)

*Ц3=Цг + Цп + Цр* (19)*,*

где Ц3 – стоимость земли, индексы ценности/га.

***1.3.3. «Методические рекомендации по проведению комплексной оценки экологического состояния городских почв» [21].*** В рамках указанных Методических рекомендаций предложен корректировочный коэффициент (Ke), характеризующий изменение экологической ценности земель и удобства проживания и жизнедеятельности населения, а в конечном итоге – зависимость рыночной стоимости жилых и общественных зданий от экологического состояния земель.

Величина корректировочного коэффициента учета экологического состояния городских почв выбирается из табличных значений (*табл. 2*) в зависимости от комплексной (суммарной) оценки экологического состояния почв (Pe). Как видно из представленной таблицы, экологическая поправка итоговых стоимостей может носить как положительный (>1), так и отрицательный характер (<1). Напрямую здесь не говорится об изменении кадастровой стоимости земель, но необходимость такого изменения следует из самой сути предложенных коэффициентов Pe и Ke.

Таблица 2

**Зависимость величины корректировочного коэффициента учета экологического состояния городских почв от комплексного показателя оценки экологического состояния почв [21]**

| *Интервал значений комплексного показателя оценки экологического состояния почв Pе, баллы* | *Величина Ke, дифференцированно для j-ой территории города* | | |
| --- | --- | --- | --- |
| *селитебная зона* | *промышленная зона* | *ландшафтно-рекреационная зона* |
| 1,0-1,9 | 0,85 | 0,95 | 0,60 |
| 2,0-2,9 | 0,90 | 0,98 | 0,70 |
| 3,0-3,9 | 0,95 | 1,00 | 0,80 |
| 4,0-4,3 | 1,00 | 1,03 | 0,90 |
| 4,4-4,7 | 1,05 | 1,05 | 1,00 |
| 4,8-5,0 | 1,10 | 1,08 | 1,20 |

***1.3.4. Метод корректировки стоимости земли при помощи показателя потери экологического качества (ППЭК) почв.*** Данный метод разработан с использованием логистической модели зависимости качества экосистем от нагрузки на них (описывается уравнением Ричардса) – [13]. При этом ранжирование индивидуальных показателей экологического качества почв (например, показателей загрязнения и деградации) проводится в соответствии с [22] или с использованием 5-ти балльной шкалы оценки экологического качества окружающей природной среды [23]. После расчета ППЭК почв осуществляется корректировка (уменьшение или увеличение) кадастровой стоимости земельных участков в соответствии с *табл. 3*.

Таблица 3

**Способ корректировки стоимостных характеристик земель на основе ППЭК почв [23]**

| *ППЭК почв, балл* | *Уровень потери экологического качества почв* | *Потеря экологического качества почв, %* | *Уменьшение/увеличение кадастровой, стоимости* | *Коэффициент уменьшения/увеличения стоимости* |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| (0,1-1) | 1 – условно нулевой | 0-5 | 0 | 1,0 |
| (1,1-2) | 2 – низкий | 6-20 | 6 | 0,94/1,06 |
| (2,1-3) | 3 – средний | 21-40 | 21 | 0,79/1,21 |
| (3,1-4) | 4 – высокий | 41-70 | 41 | 0,59/1,41 |
| (4,1-5) | 5 – катастрофический | 71-100 | 71 | 0,29/1,71 |

***1.3.5. Эколого-экономический функциональный подход к оценке сельскохозяйственных земель в условиях их химического и радиоактивного загрязнения [24].*** Основой экономического блока предлагаемого Е.В. Цветновым [24] подхода доходный подход к оценке рыночной стоимости сельскохозяйственных угодий, дополненный поправкой на химическое и радиоактивное загрязнение. Данная поправка учитывает весь диапазон уровней загрязнения. При этом значимость предлагаемой поправки при стоимостной оценке сельскохозяйственных земель возрастает при невысоких уровнях загрязнения.

**1.4. Экономическая интерпретация экосистемных сервисов (услуг)**

Экосистемные услуги (ЭУ), согласно [25] – это выгоды, получаемые людьми от экосистем. Идея экосистемных сервисов базируется на концепции природного капитала. Как известно, для человека природный капитал — суть совокупность природных ресурсов (совокупность активов окружающей среды) [26].

Использование природного капитала сопряжено с услугами, которые частично или полностью оказывают все компоненты окружающей среды:

1) услугами прямого обеспечения ресурсами;

2) услугами защиты;

3) культурными услугами (эстетические, рекреационные, научно-образовательные, религиозные и т.д.);

4) услугами поддержания жизни экосистем.

Перевод экосистемных услуг на язык денег осуществляется посредством поиска на рынке адекватного аналога в условиях местной экономики и на текущий момент времени. Все известные методы оценки экосистемных услуг так или иначе удовлетворяют данному положению. Для подавляющего большинства экосистемных услуг самостоятельных рынков не существует, отсюда необходимость в моделировании, если же существует рынок, то в данном обобщении можно говорить об аналоге с полным соответствием. Единственным исключением здесь может служить блок методов, основанных на опросе, однако мы можем указать на то, что извлекаемая информация о «готовности платить» - суть информация о все том же рыночном аналоге, который при этом существует лишь в сознании индивида.

Таким образом, вся совокупность методов может быть классифицирована по 3 признакам: принадлежность к существующему рынку, поиск аналога на существующем рынке, анализ «несуществующего аналога» (*рис. 2*).

\\Priemnay\бюллетень\Бюллетень № 4 2016\Земельные ресурсы и почвы\Без имени-1.tif

*Рис .2*. **Классификация методов оценки экосистемных услуг**

Учет экосистемных сервисов при оценке деградации земель используется также в Методике Й. фон Брауна (Методика «оценки действия / бездействия»). Указанная методика разработана в рамках единой методологии экономической оценки деградации земель, которая была сформулирована 21 сентября 2011 г., когда Секретариат Конвенции по борьбе с опустыниванием, Европейская комиссия и Правительство Германии объявили об открытии инициативы по Экономике деградации земель. Теоретические основы для этой инициативы разрабатываются Международным институтом по исследованию продовольственной политики (IFPRI) и Университетом Бонна; наработки этих учреждений изложены в ряде публикаций [27-32].

Указанный подход позволяет учесть максимальное количество факторов, влияющих на экономическую эффективность использования земель: особое значение имеет то, что принимается во внимание и стоимость экосистемных сервисов, которая отличается при рациональном и нерациональном использовании земельных ресурсов. Это позволяет отсекать как экономические неэффективные подходы, при которых высокая урожайность достигается за счёт хищнической эксплуатации почвенных и водных ресурсов.

**2. Эколого-экономическая оценка как определение прибылей и/или убытков**

Анализ системы эколого-экономической оценки земель показывает преобладание тех её разновидностей, которые сопряжены с определением ущерба/вреда (фактического, предотвращенного, накопленного, вероятного и т.д.), нанесенного (или который может быть нанесен) земельным участкам процессами деградации, загрязнения, захламления, порчи и т.д. (*рис. 3*). Исторически сложилось так, что эти разновидности оценки в Российской Федерации доминируют, так как в практике землепользования не подразумевается вариабельности решений – возможности изменения существующего вида использования земель и т.д. Как правило, эколого-экономическая оценка определяет насколько деградированные/загрязненные/захламленные земли отличаются от нормативных/эталонных. Степень указанного отклонения ранжируется по определенной шкале, и для каждого ранга назначаются свои штрафные санкции.

*Рис. 3.* **Разновидности эколого-экономической оценки земель системе прибылей и убытков, получаемых в результате использования биогеоценозов**

Денежная оценка экосистемных сервисов (услуг), появившаяся в нашей стране относительно недавно, позволяет определить дополнительные прибыли, которые человек извлекает из использования земельных участков.

Наконец, методы эколого-экономической оценки земель, где проводится сопоставление доходов и убытков (Методика Й. фон Брауна, корректировка стоимости земель на основе сведений об их экологическом состоянии), являются наиболее сложными для реализации.

Представляется, что методы оценки, основанные на определении прибыли и на ее сопоставлении с убытками, имеют наибольшую перспективу для выработки стратегии устойчивого (оптимального, рационального) развития территории – от локального участка/хозяйства (в т.ч. – агрохозяйства) до субъекта РФ и федерального округа. Так, экономическая интерпретация экосистемных сервисов позволила в полной мере определить величину ущерба от деградации земель и оценить рентабельность рекультивационных мероприятий при различных видов землепользования для УО ПЭЦ МГУ им. М.В. Ломоносова [33] и др. агрохозяйств.

**Заключение**

1. Эколого-экономическая оценка, занимающая заметно место в системе оценки земель, подразумевает определение убытков и преимуществ в денежной форме от использования различных природных объектов и окружающей среды в целом, а также природоохранных технологий.

2. В Российской Федерации доминируют подходы к эколого-экономической оценке земель, связанные с определением наносимого им в результате деградации, загрязнения, захламления и порчи ущерба/вреда.

3. Методы эколого-экономической оценки земель, основанные на определении прибыли от оптимального их использования и на сопоставлении с этой прибыли с убытками, в т.ч. от их нерационального использования, имеют наибольшую перспективу для выработки стратегии устойчивого развития территорий.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (грант № 14-38-00023).*

**Литература**

1. Экономика природопользования / Уч. под ред. К.В. Папенова. – М.: Изд.-во Мос. уни-та, 2006.

2. Бобылев С.Н., Захаров В.М. Экосистемные услуги и экономика. – М.: ООО «Типография ЛЕВКО», Институт устойчивого развития / ЦЭП России, 2009. – 72 с.

3. Макаров О.А., Савватеева О.А., Каманина И.З., Нисифорова И.А. Проблемы оценки экологических рисков для окружающей среды и населения. – М.: МАКС Пресс, 2014. – 288 с.

4. Закон Российской Федерации об охране окружающей среды № 7-ФЗ от 10 января 2002 г. // Российская газета от 12.01.2002.

5. Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами. – М., 1993. (утв. Минприроды России и Роскомземом).

6. Методика определения размеров ущерба от деградации почв и земель. – М., 1994. (утв. Минприроды России и Роскомземом).

7. Методика исчисления размера ущерба, вызванного захламлением, загрязнением и деградацией земель на территории Москвы (утв. Постановлением Правительства Москвы от 22.07.2008 № 589-ПП).

8. Методика исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды (утв. приказом Минприроды России от 08.07.2010 № 238).

9. Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба. – М.: Госкомэкология России, 1999.

10. Овчинникова И.Н. Экологический риск и загрязнение почв. – М.: Альтекс, 2003.

11. Алымов В.Т., Тарасова Н.П. Техногенный риск. Анализ и оценка. Учебное пособие для вузов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. – 113 с.

12. Макаров О.А., Макаров А.А. Подходы к оценке риска химического загрязнения городских почв // Почвоведение, 2016. № 9. – С. 1147-1156.

13. Виноградов Б.В. Основы ландшафтной экологии. – М.: ГЕОС, 1998. – 418 с.

14. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. – М.: Минприроды России, 1992.

15. Савватеева О.А. Оценка экологических рисков малых городов Московской области (на примере г. Дубны): автореф … к.б.н. – М.: РУДН, 2005.

16. Яковлев А.С., Евдокимова М.В. Экологическое нормирование качества почв и управление их качеством // Почвоведение, 2011. № 5. – С. 582-596.

17. Методические рекомендации по проведению инвентаризации объектов накопленного экологического ущерба (утв. приказом Росприроднадзора от 25.04.2012 № 193).

18. Налоговый кодекс РФ. Часть первая НК РФ от 31 июля 1998 г. № 146-ФЗ (с изм. от 30 марта, 9 июля 1999 г., 2 января, 5 августа 2000 г., 24 марта, 30 декабря 2001 г.). Часть вторая НК РФ от 5 августа 2000 г. №117-ФЗ (с изм. от 29 декабря 2000 г., 30 мая, 6, 7, 8 августа, 27, 29 ноября, 28, 29, 30, 31 декабря 2001 г., 29 мая, 24, 25 июля 2002 г.).

19. Оценка земельных ресурсов. Уч. пособие / Под ред. В.П. Антонова и П.Ф. Лойко. – М.: Ин-т оценки природных ресурсов, 1999. – 364 с.

20. Карманов И.И., Булгаков Д.С., Карманова JI.A., Путилин Е.И. Современные аспекты оценки земель и плодородия почв // Почвоведение, 2002. № 7. – С. 850-857.

21. Разработка методических рекомендаций по проведению комплексной оценки экологического состояния городских почв. Отчет по НИОКР. Инв. № 02200101980 / М.Н. Строганова М.Н., Т.В. Прокофьева, А.Н. Прохоров, Л.В. Лысак, А.П. Сизов, Яковлев А.С. – М.: ВНТИЦ, 2001. – 150 с.

22. Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель // Сб. нормативных актов «Охрана почв». – М.: Изд-во РЭФИА, 1996. – С. 174-196.

23. Макаров О.А. Состояние почвы как объект экологического нормирования окружающей природной среды: автореф. дис. … д.б.н. – М.:, 2002. – 46 с.

24. Цветнов Е.В. Эколого-экономическая оценка сельскохозяйственных земель в условиях химического и радиоактивного загрязнения: дисс. … к.б.н. – М.: МГУ 2007.

25. Millennium ecosystem assessment. Ecosystems and human wellbeing: synthesis. – Washington: Island Press. 2005. – 138 p.

26. Перман Р., Ма Ю., Мак-Гилврей Дж., Коммон М. Экономика природных ресурсов и охраны окружающей среды: промежуточный уровень, 3-е изд. – М.: ТЕИС, 2006. – 1168 с.

27. Nkonya E., Gerber N., Baumgartner P., Von Braun J., De Pinto A., Graw V., Walter T. The economics of desertification, land degradation, and drought: toward an integrated global assessment // ZEF Discussion Papers on Development Policy, 2011. № 150.

28. Nkonya E., Gerber N., Baumgartner P., von Braun J., De Pinto A., Graw V., Kato E., Kloos J., Walter T. The Economics of Land Degradation: toward an integrated global assessment // Development Economics and Policy Series, 2011. V. 66.

29. Von Braun J., Gerber N. The economics of land and soil degradation – toward an assessment of the costs of inaction / In: Recarbonization of the Biosphere. Springer Netherlands, 2012. – Pp. 493-516.

30. Von Braun J., Gerber N., Mirzabaev A., Nkonya E. The economics of land degradation. An Issue Paper for Global Soil Week. – Berlin, 08-22 November, 2012.

31. Von Braun J., Gerber N., Mirzabaev A., Nkonya E. The economics of land degradation / ZEF Working Paper Series University of Bonn, 2013, 109.

32. Nkonya E., Anderson W., Kato E., Koo J., Mirzabaev A., von Braun J., Meyer S. Global cost of land degradation / Nkonya E., Mirzabaev A., von Braun J. (eds.). Economics of Land Degradation and Improvement. – Netherlands: Springer, 2014.

33. Бондаренко Е.В. Опыт учета экосистемных сервисов почв при оценке деградации земель (на примере УО ПЭЦ МГУ): автореф. дисс. … к.б.н. – М.: МГУ, 2016.

*Сведения об авторах:*

Макаров Олег Анатольевич, д.б.н., проф. кафедры земельных ресурсов и оценки почв факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова; тел.: 8 (903) 708 88 43, (495) 939-44-25, e-mail: oa\_makarov@mail.ru.

Цветнов Евгений Владимирович, к.б.н., с.н.с. кафедры радиоэкологии и экотоксикологии факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова; тел.: 8 (916) 504-50-47, (495) 939-50-09, e- mail: ecobox@mail.ru.

Ермияев Яков Русланович, магистрант факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова; тел.: 8 (915) 037-13-05, (495) 939-44-25, e- mail: yacov93@yandex.ru.

**Биологические ресурсы суши**

УДК 528.9 (075.8), 581.526.55(470)

**ФИТОМАССА ДОЛИННЫХ ЛУГОВ. ВЗАИМОСВЯЗЬ С ВЕЛИЧИНОЙ ВЕГЕТАЦИОННОГО ИНДЕКСА**

**(по результатам наземного спектрометрирования)**

*И.М. Микляева, к.г.н., О.В. Вахнина*

*Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова*

Рассматриваются результаты многолетних исследований фитомассы лугов, ее динамики и кормового качества на примере лугов долины р. Протвы, расположенной в южной части зоны широколиственно-хвойных лесов Европейской части РФ (Боровский район Калужской области). Выявлена величина фитомассы разных типов лугов и ее связь с видовой насыщенностью сообществ, объемами фитоценотических горизонтов и значениями нормализованного разностного вегетационного индекса NDVI, полученного при наземном спектрометрировании.

*Ключевые слова*: фитомасса долинных лугов, кормовое качество, видовая насыщенность луговых сообществ, объем фитоценотических горизонтов, наземное спектрометрирование, нормализованный разностный вегетационный индекс (NDVI).

В связи с необходимостью укрепления сельского хозяйства, изучение долинных лугов, составляющих важную часть кормовой базы животноводства представляет особый интерес. Хозяйственное значение лугов определяется качеством и количеством производимой фитомассы – запаса растительной массы, накопленного живыми растениями к данному моменту. Традиционным методом определения величины фитомассы служит укосный. Наряду с ним в последние десятилетия применяются материалы дистанционного зондирования и наземного спектрометрированя, которые используются для получения различных спектральных характеристик растительности, в том числе нормализованного разностного вегетационного индекса NDVI (Normalised Difference Vegatation Index), показывающего соотношение отраженной радиации в красной (К) и ближней инфракрасной (БИК) зонах спектра. Близкая к +1 величина NDVI зеленых растений зависит от содержания хлорофилла в листьях, а также площади фотосинтезирующей поверхности и служит косвенным показателем размера фитомассы.

В практике дистанционного зондирования связь фитомассы с NDVI успешно используется при исследовании сельскохозяйственных монокультур [1]. На естественных лугах значения NDVI не всегда коррелируют с размером фитомассы, полученный с помощью укосов. Влияние оказывают различия видовой насыщенности, структуры, биологических особенностей видов, включая форму, окраску листьев, их расположение в пространстве; сезонные и разногодичные изменения (флюктуации) видового состава и структуры, а также изменения экологических и метеорологических параметров, формы и интенсивности хозяйственного использования лугов. На средне увлажненных пойменных лугах флюктуация наиболее выражена во влажные годы, на сырых лугах она практически незаметна [2].

Цель работы – выявление связи величины фитомассы долинных лугов, ее сезонной и разногодичной изменчивости со значениями NDVI, полученными в результате наземного спектрометрирования.

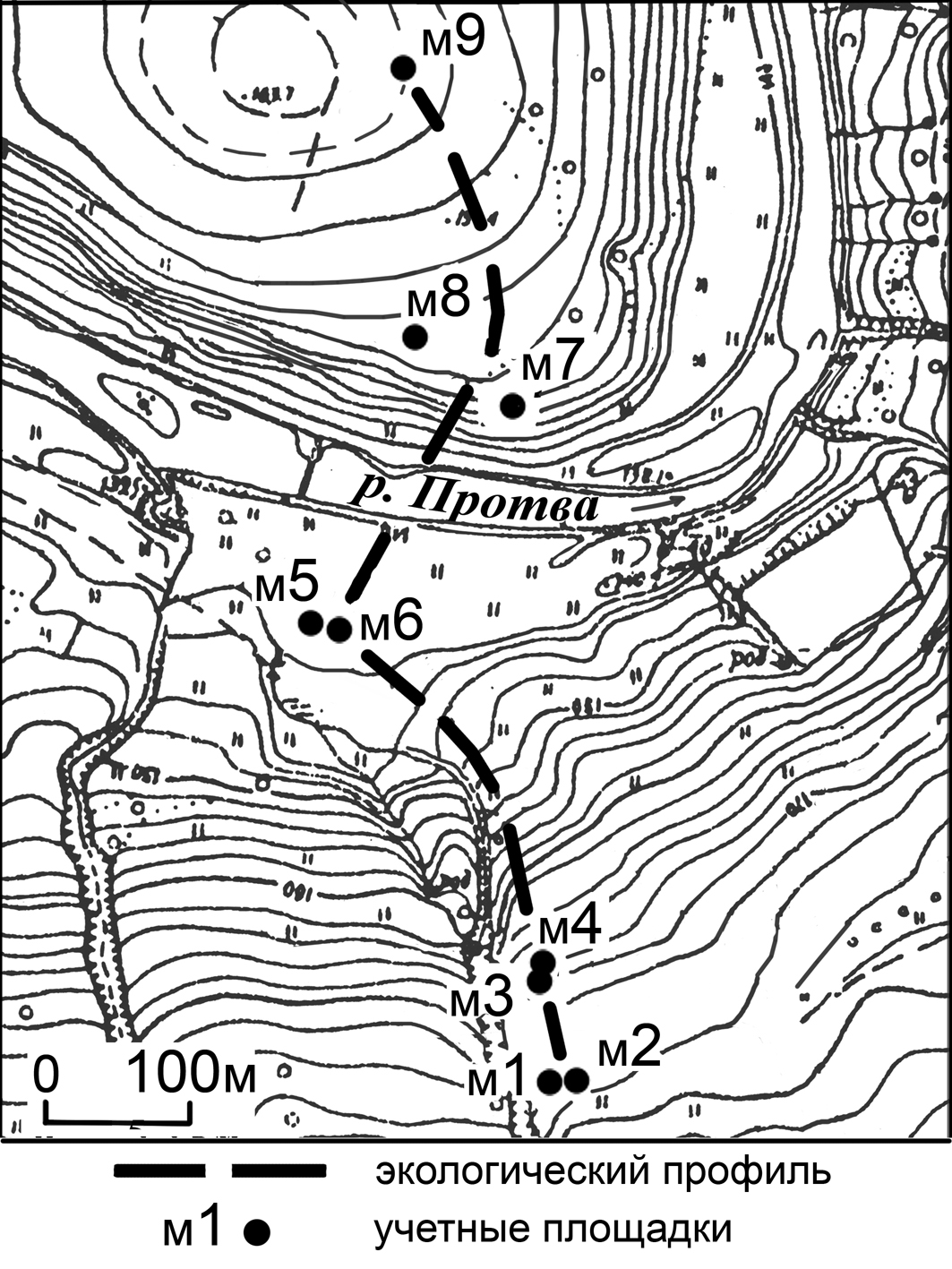
Исследования проводились с 2008 по 2015 гг. в южной части зоны широколиственно-хвойных лесов на территории учебно-научного полигона географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова (Боровский район Калужской области), в долине р. Протвы. На пробных площадях в 100 м² было заложено 9 постоянных (м1-м9) и более 50 временных учетных площадок в 0,25 м² для синхронного наземного спектрометрирования (более 900 измерений), взятия укосов (162 укоса) и геоботанического описания (*рис. 1*).

Экологические условия лугов – увлажнение и активное богатство почв устанавливались по шкалам Л.Г. Раменского [3], рассматривалась поедаемость растений скотом [4]. Степень сходства видового состава фрагментов фитоценозов на учетных площадках (*К*о) рассчитывалась по коэффициенту Чекановского:

,

где *a* и *b* – число видов в сравниваемых сообществах, *с* – число общих видов.

Наземное спектрометрирование с использованием полевого спектрометра SpectroSense2, регистрирующего излучение 650 и 800 нм, проводилось по ранее разработанной методике [5] в околополуденные часы. Величина NDVI на учетных площадках рассчитывалась по результатам 5 измерений. Среднее отклонение значений NDVI при одинаковых метеоусловиях составило **±**0,2%-0,3%. *Влияние сезонной динамики* лугов на величину NDVI устанавливалось по серии сеансов спектрометрирования лугов в исходном состоянии (с соцветиями) с интервалом около 10 дней с конца мая – начала периода формирования фитомассы, до последней декады июля – максимального накопления, а также однократно в конце сентября в фазу затухания вегетации. *Связь величины фитомассы со значениями NDVI* выявлялась в ходе спектрометрирования и взятия укосов в середине июля. Для отражения особенностей распределения по высоте органов растений в сообществах выделялись фитоценотические горизонты. После спектрометриирования фрагментов сообществ в исходном состоянии, срезались соцветия и для каждого горизонта проводилось спектрометрирование, описание и срезание входящих в него частей растений. В камеральных условиях определялся ц/га, а объемы фитоценотических горизонтов в м³/га. Поскольку выполнялось спектрометрирование живых растений, для выявления связи со значениями NDVI использовалась величина фитомассы в сыром состоянии.



*Рис.1.* **Расположение постоянных учетных площадок на экологическом профиле**

В долине р. Протвы представлены свежие, влажные и сырые луга (*табл. 1*). В начале 2000-х гг. и 2010-х гг. проводилось коренное преобразование (посев кормовых трав) влажных лугов, которые используют для сенокошения и выпаса крупного рогатого скота. Многие луга испытывают рекреационную нагрузку. *На влажных лугах* максимальную фитомассу формирует таволгово-снытевая ассоциация (А2, м1 и м2) (*табл.* 2). Здесь установлено низкое видовое богатство и самый большой объем фитоценотических горизонтов. В середине июля максимальная фитомасса формировалась в среднем горизонте – слое 50-170 см с проективным покрытием 80-90%. Качество фитомассы низкое, в сомкнутых травостоях высотой до 180 см содержится менее 50% видов, поедаемых скотом. Из них 38% составляют удовлетворительно поедаемые виды, например, гравилат речной (*Geum rivale*). Доля хорошо поедаемых видов, как ежа сборная, составляет 12%. Доминанты, сныть (*Aegopodium podagraria)* итаволга вязолистная (*Filipendula ulmaria*), относятся к плохо поедаемым. *Влажные луга ассоциаций* (А3, А4, А5) формируют меньшую фитомассу и объем фитоценотических горизонтов, видовое богатство среднее. Качество корма выше на лугах ежово-овсяницевой (А3, м4) и полевицево-овсяницевой (А4, м6) ассоциаций (см. табл. 1, 2). В этих сообществах травостои сомкнутые – 75-83%.

*Таблица 1*

**Экологические особенности изученных лугов**

| *Ассоциации* | *Фрагменты сообществ на учетных площадках* | *Экотопы* | | *Средние многолетние параметры*  *У / БЗ\*\** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *рельеф* | *почвы\** |
| А1. Разнотравно-овсяницевая | м7 овсяницево-разнотравный | Склон средней поймы, <15°, южной экспозиции | Хорошо дрениро-ванные аллюви-альные слоисто-карбонатные | Свеже-луговое (61) / довольно богатые (11) |
| м8 клубнично-овсяницевый | Склон II НПТ, <3°, южной экспозиции | Хорошо дрениро-ванные дерновые карбонатные маломощные | Свеже-луговое (62)/ довольно богатые (11) |
| А2.  Таволгово-снытевая | м1  таволговый | Склон плакора, <3°, северной экспозиции | Слабо глееватые дерново-подзолистые | Влажно-луговое (71)/ довольно-богатые (10) |
| м2  снытевый | Влажно-луговое (69)/ довольно-богатые (11) |
| А3.  Ежово-овсяницевая | м4 овсянице-вый | Эрозионный склон долинного зандра, <3°, север-ной экспозиции | Дерново-карбонатные маломощные | Влажно-луговое (70)/ довольно-богатые (12) |
| А4.  Полевицево-овсяницевая | м6 овсяни-цевый | Пришовная часть высокой поймы, на правобережье р. Протвы | Аллювиальные дерновые карбонатные | Влажно-луговое (70) / довольно-богатые (13) |
| А5.  Незамечаемо-вейниковая | м5 незамечаемо-вейниковый | Влажно-луговое (73)/ довольно-богатые (12) |
| А6.  Наземно-вейниковая | м9  наземновей-никовый | III НПТ, субгоризонталь-ная поверхность | Дерново-подзолы иллювиально-железисто-гумусовые | Влажно-луговое (65)/ довольно-богатые (11) |
| А7.  Камышовая | м3  камышовый | Антропогенная ложбина на долинном зандре, <3°, северной экспозиции | Сильно оглеенные намытые | Сыро-луговое (77)/ богатые (14) |

\*Названия почв по И.П. Гавриловой и др. [6].

\*\*Значения увлажнения (У) и активного богатства почв (БЗ) по шкалам Раменского [3].

Максимальная фитомасса отмечена в среднем горизонте (20-55 см) с проективным покрытием 65-78%. Более 60% приходится на поедаемые виды, из них доминируют овсяница луговая, тимофеевка и др. На участке занятом *незамечаемовейниковой ассоциацией* (А5, м5) увлажнение увеличивается до сырого весной и в годы с большим количеством атмосферных осадков, как 2012 г. Максимальная фитомасса формируется в горизонте 15-60 см с проективным покрытием 75%. Фитомасса не высокого качества – до 55% приходится на поедаемые скотом виды растений, но их численность низкая. Доминирует плохо поедаемый вейник незамечаемый(*Calamagrostis neglecta*).

Таблица 2

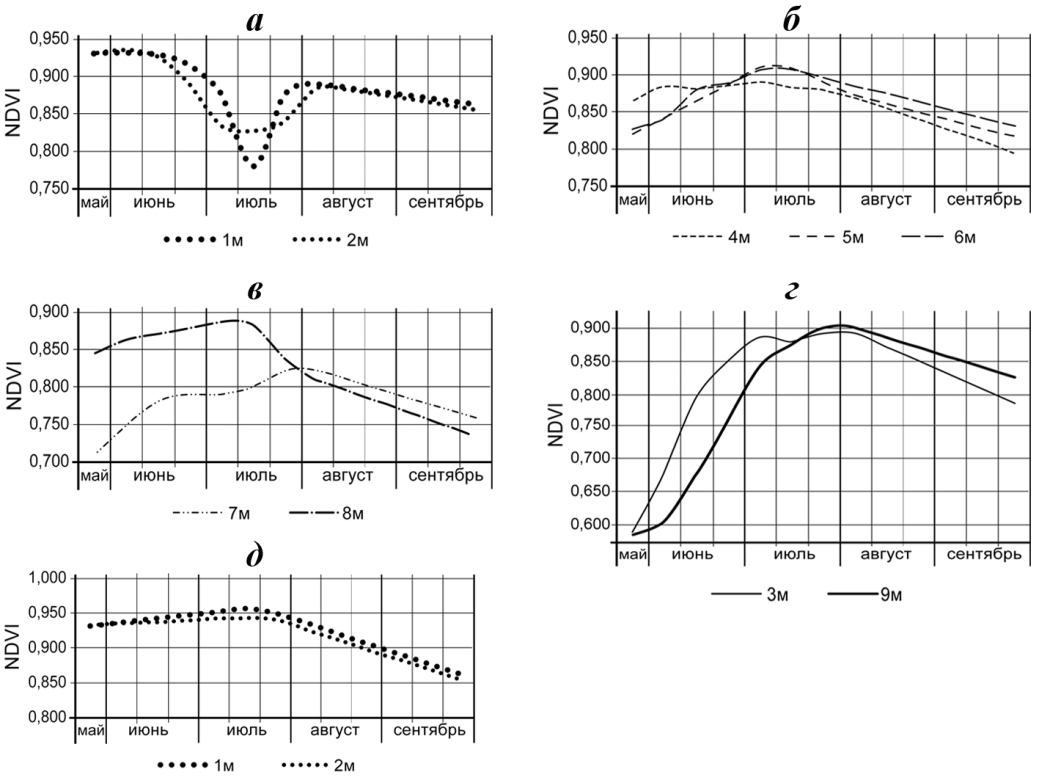
**Средние многолетние значения параметров луговых сообществ в период**

**максимального накопления фитомассы (**с соцветиями)

| *Ассоциации* | *Параметры ассоциаций* | | | *Фрагменты сообществ на учетных площадках* | *Параметры фрагментов сообществ* | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *видовое богатство*  */100 м²* | *объем горизонтов, м3/га* | *сухая фитомасса,*  *ц/га* | *сырая фитомасса с соцветиями г/0,25м²* | *NDVI с соцветиями* |
| А1 Разнотравно-овсяницевая | 42-5 | 1480-2160 | 29-38 | м7 овсяницево-разнотравный | 169 | 0,802 |
| м8 клубнично-овсяницевый | 191 | 0,841 |
| А2. Таволгово-снытевая | 11-17 | 9200–5600 | 200-62 | м1 таволговый | 1108 | 0,834 |
| м2 снытевый | 691 | 0,802 |
| А3. Ежово-овсяницевая | 27 | 4800 | 60 | м4 овсяницевый | 375 | 0,887 |
| А4. Полевицево-овсяницевая | 24 | 3480 | 57 | м6 овсяницевый | 386 | 0,903 |
| А5. Незамечаемо-вейниковая | 23 | 4990 | 65 | м5 незамечаемо-вейниковый | 453 | 0,889 |
| А6  Наземно-вейниковая | 35 | 3680 | 50 | м9 наземновей-никовый | 318 | 0,890 |
| А7 Камышовая | 16 | 2960 | 44 | м3 камышовый | 350 | 0,873 |

*Сырые луга* представлены камышовой (А7, м3) ассоциацией (см. табл. 1, 2). Видовое богатство довольно большое, средний объем горизонтов, проективное покрытие 70%. Величина фитомассы небольшая, максимальная – на высоте 6-40 см с проективным покрытием 50%, качество низкое. Доля поедаемых видов 60%, из них больше половины удовлетворительно поедаемых, как камыш лесной (*Scirpus sylvestris*). *Наземновейниковая* (А6, м9) ассоциация – стадия восстановления залежных земель (табл. 1, 2). Видовое богатство большое, средний объем горизонтов, проективное покрытие 63%, фитомасса низкого качества. Максимальная фитомасса накапливается в слое 0–40 см с проективным покрытием 60%. Доля поедаемых скотом видов – 55%, из них 36% – удовлетворительно поедаемых: клевер средний (*Trifolium medium*), полевица побегообразующаяи др.Плохо поедаемые виды включают доминант – вейник наземный (*Calamagrostis epigeios*). Численность хорошо поедаемых растений небольшая. *Свежие суходольные луга* представлены разнотравно-красноовсяницевой ассоциацией (А1, м7 и м8). Здесь отмечены максимальное видовое богатство (табл. 1, 2), значительная сомкнутость травостоев, небольшой объем горизонтов и величина фитомассы. Максимальная фитомасса накапливается в слое 0-15 см с проективным покрытием 58-60%. Большая доля (65-70%) растений хорошей и средней поедаемости. Последние доминируют: овсяница красная (*Festuca rubra*), клубника (*Fragaria viridis*). Доля плохо поедаемых видов 10-18% – репешок (*Agrimonia eupatoria*), герань луговая.

В ходе исследований установлено, что*сезонная изменчивость* *NDVI* в целом коррелирует с сезонным ходом накопления зеленой массы и изменением содержания хлорофилла в листьях, что проявляется в увеличении значений NDVI до максимума ко второй половине июля и дальнейшем их снижении к сентябрю. По характеру сезонных кривых NDVI фрагменты сообществ на учетных площадках, объединены в четыре группы (*рис. 2*). Внутри каждой группы кривые имеют близкие значения NDVI в начале и в конце наблюдений, а также сроки достижения максимальных значений, что обусловлено сходными условиями произрастания, формой и расположением листовых пластинок. Так высокие значения NDVI, наблюдавшиеся в более ранние сроки, отмечены на более продуктивных лугах (*рис. 2а*), а самые низкие – на менее продуктивных и в более поздние сроки  (*рис. 2в*, м7). В то же время схожие кривые отмечены у сообществ, сформировшихся в разных условиях увлажнения (*рис. 2г*), но имеющих одинаковое субвертикальное расположение листовых пластинок доминантов. В начале вегетации, когда основная доля общего проективного покрытия на сравниваемых площадках приходилась на подстилку и незначительная – на живые растения, начинающие вегетацию позже, чем на других площадках, отмечено минимальное значение NDVI (0,590). Максимальная фитомасса в сыром весе накапливалась на обеих площадках в середине и конце июля, что привело к увеличению NDVI до 0,873-0,890.



*Рис. 2.* **Сезонные изменения NDVI лугов в исходном состоянии (с соцветиями):** а – влажных лугов таволгово-снытевой А2 (м1 и м2); б – ежово-овсяницевой А3 (м4), полевицево-овсяницевой А4 (м6), незамечаемовейниковой А5 (м5) и наземновейниковой А6 (м9) ассоциаций; в – свежих лугов разнотравно-овсяницевой ассоциации А1 (м7 и м8); г – сырых лугов камышовой А7 (м3) и влажных наземновейниковой А6 (м9) ассоциаций; сезонные изменения NDVI, смоделированные по средним многолетним данным спектрометрирования после удаления соцветий: д – влажных лугов таволгово-снытевой ассоциации А2 (м1 и м2)

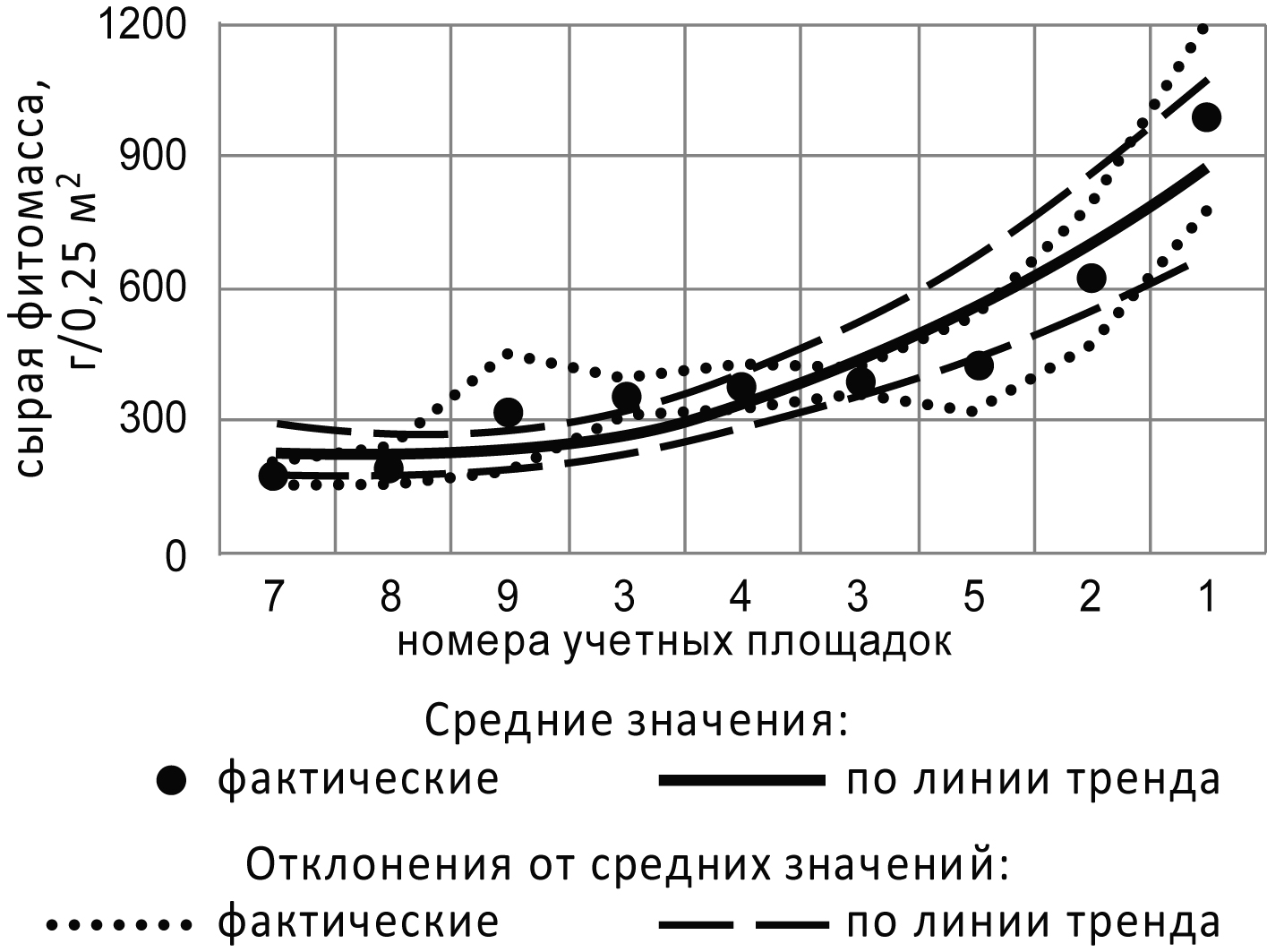
Ход сезонных кривых осложнялся инверсиями NDVI в период цветения доминантов. Величина инверсии оценивалась по средним многолетним результатам измерений при наличии соцветий и после их удаления. Максимальная инверсия отмечена на площадках м1 и м2 (*рис. 3а*) – значения NDVI после удаления соцветий выросли на 11-12%, а величина фитомассы без соцветий уменьшилась на 9-12%. На остальных учетных площадках после удаления соцветий отмечено незначительное (на 1-2%) увеличение NDVI и уменьшение фитомассы на 1-6%. Такие инверсии следует учитывать для внесения соответствующих поправок при выявлении взаимосвязи NDVI с величиной фитомассы при обилии соцветий (*рис 2д*).

По результатам многолетних наблюдений выявлена *разногодичная изменчивость* основных параметров лугов – видового богатства, величины фитомассы и NDVI (*см.* *табл. 2*). Низкая видовая насыщенность (2-5 видов) на учетных площадках влажных лугов с доминированием таволги вязолистной (м1) отмечалась в течение всего срока наблюдений, на снытевой (м2) – в течение 4-х лет, вейниковых (м5) и (м9) – в экстремально засушливый 2010 г. Значительная насыщенность (17-27 видов) выявлена в течение трех лет наблюдений на свежих суходольных лугах (м7) и (м8). В остальные годы видовая насыщенность на всех площадках была средняя (6-16 видов).

*Установлены изменения видового состава изученных лугов*, что в целом характерно для луговых сообществ [7]. На большинстве учетных площадок преобладала средняя степень сходства видов (36–70%), на двух – низкая (0-35%). Низкое сходство у 87% и 77% пар учетных площадок соответственно отмечено в вейниковых ассоциациях с активными восстановительными процессами: наземновейниковая А6 (м9) на залежных землях; незамечаемовейниковая А5 (м5) в пришовной части высокой поймы с периодическими наносами делювия во время ливней. Значительное сходство (71-100%) на трех площадках: (м1) таволговая, (м6) овсяницевая и (м3) камышовая обусловлено влиянием сильного эдификатора – таволги вязолистной (м1), избыточного увлажнения в весенний и осенний периоды (м3 и м6).На высокотравных влажных лугах таволгово-снытевой ассоциации (А2, м2, м1) крупные ярко-зеленые субгоризонтально расположенные листья доминантов, в фазу вегетации образуют сомкнутую (98%), выровненную поверхность. В фазу цветения соцветия распределяются неравномерно, их сомкнутость колеблется от 10% до 90%, фактура поверхности не ровная. При минимальной видовой насыщенности 5-6 видов на 0,25 м² (м1, м2) получена максимальная сырая фитомасса (см. табл. 2).

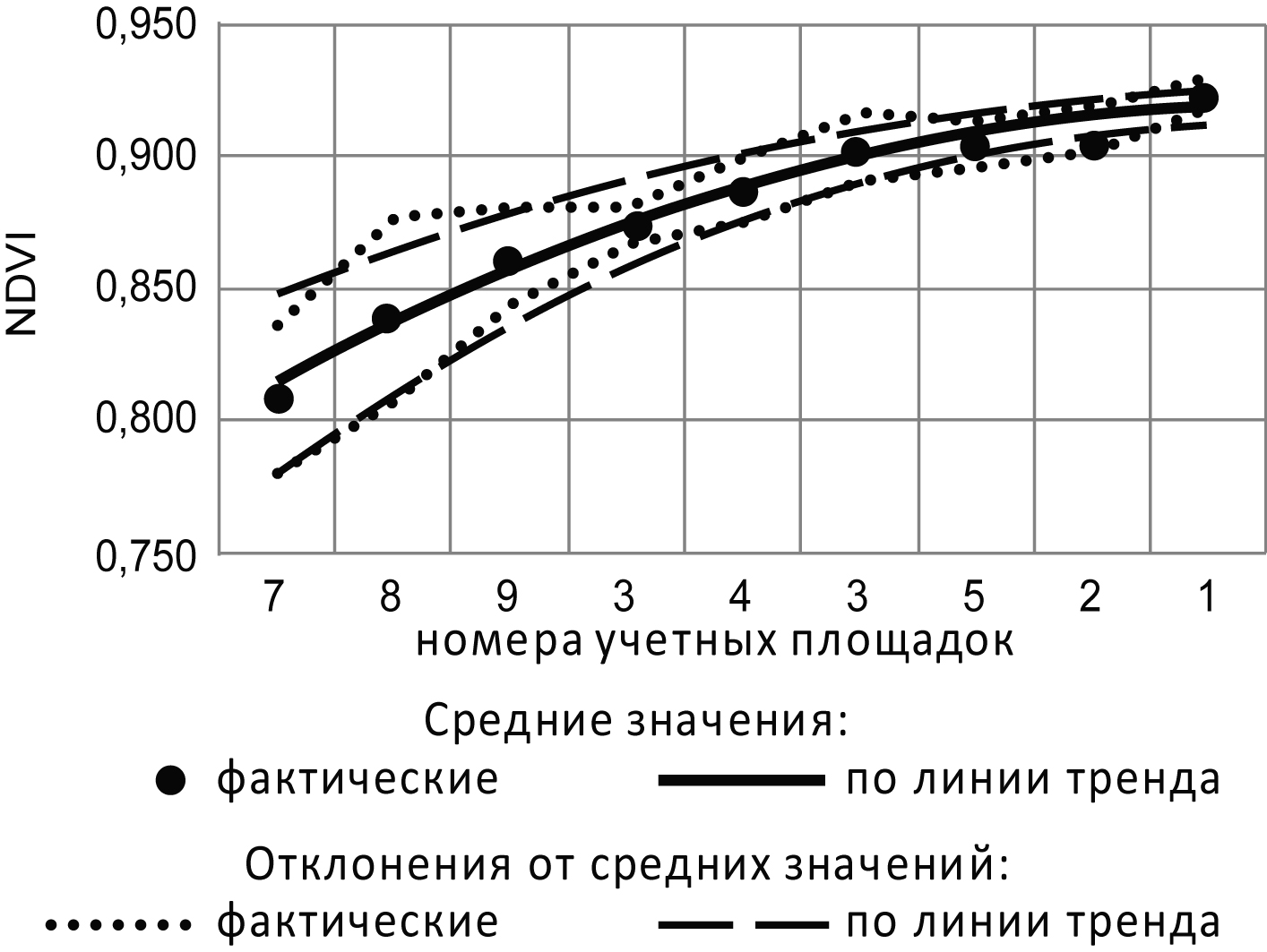
*Влияние разногодичной изменчивости фитомассы на значения NDVI* выявлялось по данным обследования постоянных учетных площадок после снятия соцветий. На *рис. 3* и *4* показаны средние многолетние значения показателей и их средние отклонения по каждой из постоянных учетных площадок, ранжированных по возрастанию фитомассы. Ежегодные отклонения величины фитомассы от средних многолетних значений составляют 8-24%, а отклонения величины NDVI 0,55%-4,1%. Для более продуктивных лугов (более 400-500 г/0,25 м2) характерен больший разброс значений фитомассы и меньший – значений NDVI.

*Влияние величины фитомассы на значения NDVI* оценивалось по данным наблюдений на постоянных и временных учетных площадках за весь период наблюдений. Установлено, что хотя увеличение фитомассы приводит к росту NDVI, зависимость между ними не является линейной (*рис. 5*). При величине фитомассы до 500 г/0,25 м2, ее увеличение на 10% сопровождается ростом NDVI в среднем на 2%, при больших значениях фитомассы – на 0,2%. Нелинейная зависимость подтверждается и при анализе корреляции значений NDVI с величиной фитомассы (*рис. 6*). Если на учетных площадках с размером фитомассы менее 400-500 г/0,25 м2 средние многолетние значения коэффициента корреляции составлют 0,8-0,9, то при фитомассе 600 г/0,25 м2 и более, они снижаются до минимума. Установлено, что после достижения некоторого критического значения величины фитомассы, своего для каждого типа лугов, ее дальнейшее увеличение не приводит к существенному росту значений NDVI. Так для продуктивных лугов (м1 и м2) примерно двукратное увеличение фитомассы без соцветий сопровождается повышением NDVI менее, чем на 1%. Такой результат объясняется снижением влияния фрагментов почвы и подстилки на формирование отраженной радиации по мере увеличения фитомассы. Большое значение имеет морфология доминантов (размер, горизонтальное или вертикальное расположение листьев): при горизонтальном расположении – прирост величины NDVI с ростом фитомассы прекращается раньше, чем при вертикальном.

**

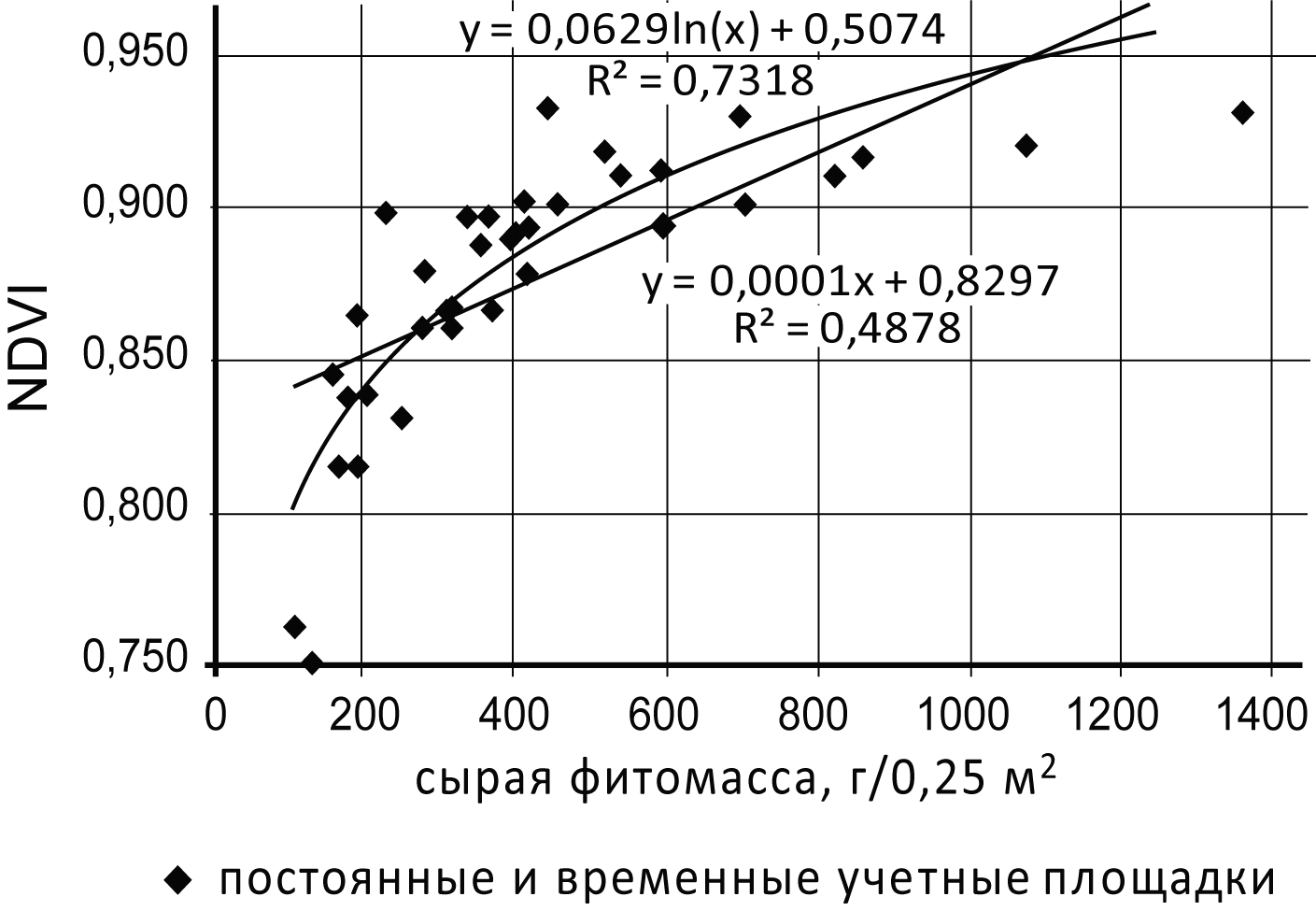
*Рис. 3.* **Средняя многолетняя величина сырой фитомассы без соцветий**

(по результатам укосов, взятых в середине июля)



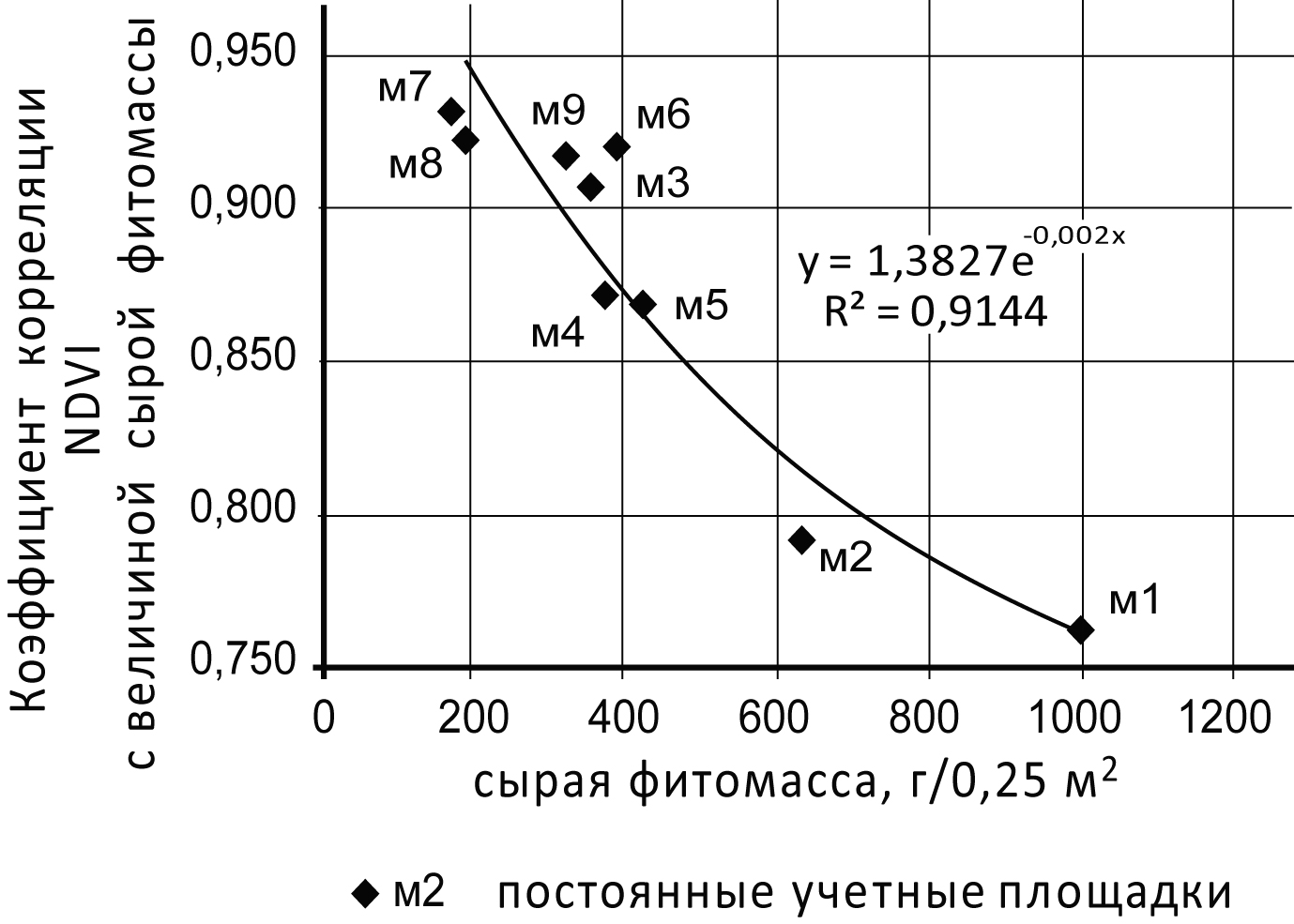
*Рис. 4.* **Средние многолетние значения NDVI**

(по результатам спектрометрирования в середине июля после удаления соцветий)



*Рис. 5.* **Зависимость NDVI от величины сырой фитомассы без соцветий по данным**

**многолетних измерений**

**

*Рис. 6.* **Средние многолетние значения коэффициентов корреляции NDVI**

**с величиной сырой фитомассы** (без соцветий)

**Выводы**

На изученном участке долины р. Протвы максимальный размер сухой фитомассы формируется на влажных лугах. Ассоциации этих лугов располагаются в ряд по уменьшению средних значений этого показателя: таволгово-снытевая (А2) 130 ц/га – незамечаемовейниковая (А5) 65 ц/га – ежово-овсяницевая (А3) 60 ц/га – полевицево-овсяницевая (А4) 57 ц/га – наземновейниковая (А6) 50 ц/га. В соответствии со снижением качества корма они располагаются в следующем порядке: ежово-овсяницевая (А3) – полевицево-овсяницевая (А4) – таволгово-снытевая (А2), незамечаемовейниковая (А5) и наземновейниковая (А6). Объемы фитоценотических горизонтов этих лугов максимальные в сравнении с лугами изученной территории.

В результате исследования сезонных изменений установлены максимальные значения NDVI для разных типов лугов, а также сроки, при которых значение достигает максимальной величины. Выявлена степень инверсии NDVI в период цветения доминантов. Установлено, что характер связи величины сырой фитомассы и значений NDVI зависит от типа лугов – условий увлажнения и морфологии доминантов (обилия соцветий, формы и положения в пространстве листовых пластинок). В пределах одного типа лугов взаимосвязь не является линейной. При достижении определенной величины фитомассы, различной у разных типов лугов, дальнейшее весьма существенное приращение фитомассы сопровождается незначительным приращением значений NDVI. Вероятно значения NDVI целесообразнее использовать для оценки величины фитомассы менее продуктивных типов лугов (в нашем исследовании – с сырой фитомассой не более 2,5-3 кг/м2), в противном случае это может привести к значительным ошибкам. При использовании значений NDVI, полученных для исходного состояния ассоциаций (с соцветиями) в период обильного цветения необходимо внесение повышающих поправок как в значения NDVI, так и в величину вычисленной фитомассы.

Работа выполнена по темам НИР, Госзадание: ААА-А-16-116032810082-6 «Разнообразие, динамика и мониторинг экосистем в условиях изменения окружающей среды»; АААА-А16-116032810094-9 «Методы и технологии картографии, геоинформатики и аэрокосмического зондирования в исследованиях изменений природной среды и общества».

**Литература**

1. Пугачева И.Ю., Шевырногов А.П. Изучение динамики NDVI посевов сельскохозяйственных культур на территории Красноярского края и Республики Хакасия / Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов. Вып. 5. Т.2. – М.: ООО «Азбука-200», 2008. – С. 347-351.

2. Работнов Т.А. Луга как биогеоценозы / Проблемы биогеоценологии. – М.: Изд-во «Наука», 1973. – С. 189-197.

3. Раменский Л.Г., Цаценкин И.А., Чижиков О.Н., Антипин Н.А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. – М.: Гос. изд-во с-х лит-ры, 1956. – 472 с.

4. Ларин И.В., Агабабян Ш.М., Работнов Т.А., Любская А.Ф., Ларина В.К., Касименко М.А., Говорухин В.С., Зафрен С.Я. Кормовые растения сенокосов и пастбищ СССР. – М.-Л.: Гос. изд-во сельскохоз. лит-ры, 1951. Т. 2. – 948 с.

5. Огуреева Г.Н., Микляева И.М., Вахнина О.В., Тутубалина О.В. Полевое наземное спектрометрирование луговой растительности полигона «Сатино» // Вестн. Моск. Ун-та. Сер.5. Геогр., 2009. № 6. – С.71-77.

6. Гаврилова И.П., Герасимова М.И., Исаченкова Л.Б. Почвы и почвенный покров Сатинского полигона / Общегеографическая практика в Подмосковье. – М.: Геогр. факультет МГУ, 2007. – С 147-176.

7. Луга Нечерноземья / Под ред. А.Г. Воронова. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984. – 159 с.

8. Горяинова И.Н., Микляева И.М., Михайлова Г.А., Швергунова Л.В. Об эколого-флористической классификации лугов // Вестн. Моск. Ун-та. Сер. 5. Геогр., 1985. № 5. – С. 55-61.

9. Duncan J., Stow D., Franklin J., Hope A. Assessing the relationship between spectral vegetation indices and shrub cover in the Jornada Basin, New Mexico // Intern. J. of Remote Sensing, 1993. 14. – Рр. 3395-3416.

*Сведения об авторах:*

*Микляева Инесса Михайловна*, к. г. н., доцент, кафедра биогеографии географического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1; тел.: 8 (495) 939-47-17, e-mail: [inessa-miklyaeva@yandex.ru](mailto:inessa-miklyaeva@yandex.ru).

*Вахнина Ольга Васильевна*, н.с., лаборатория аэрокосмических методов кафедры картографии и геоинформатики географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, 119991, ГСП-1, г. Москва, Ленинские горы, д.1, МГУ, ГЗ, тел.: 8(495)939-50-42; e-mail: [vachnina-ov@yandex.ru](mailto:vachnina-ov@yandex.ru).

**ВОДНЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ**

УДК574.64, 502.1

**Требования национальных и международных стандартов к качеству культивационной воды в практике применения гидробионтов для оценки экологической токсичности**

*Е.В. Федосеева1, к.б.н., М.М. Гладкова2, П.В. Учанов3, В.А. Терехова1,2, д.б.н.*

***1Российский национальный исследовательский медицинский университет***

***им. Н.И. Пирогова***

*2Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

*3Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН*

Обобщены требования стандартов и методических руководств к условиям культивирования пресноводных гидробионтов в токсикологических исследованиях по оценке качества окружающей среды. Подчеркивается влияние качества воды на результаты биотестов. *Критически* рассмотрен перечень показателей, рекомендуемых для контроля химических и физических характеристик исследуемых проб вод непостоянного качества. Приводится оптимальный состав синтетических сред, используемых для культивирования пресноводных гидробионтов. *Обосновываются рекомендации* по применению воды идентичного состава для культивирования пресноводных гидробионтов и разведения проб при исследовании степени их экотоксичности, а также оценке чувствительности тест-культур к модельному токсиканту (токсиканту сравнения).

*Ключевые слова:* экологическаятоксичность, биотестирование, гидробионты, отходы, стандарты, межлабораторные сравнения, культивационная вода, природная вода, синтетические среды.

**Введение**

Биотестирование как способ оценки токсичности объектов окружающей среды включено в экологическое законодательство во многих странах, в том числе в России. В нашей стране широкому практическому использованию биотестов способствовало издание в 2001 г. приказа № 511 МПР России «Об утверждении Критериев отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды». До этого биотестирование в природоохранной сфере применялось в основном для оценки качества рыбохозяйственных водоемов. Согласно данному документу, при характеристике опасности отходов, наряду с расчетом содержания определенных токсичных компонентов, анализируемых химическими методами, проводят экспериментальную оценку токсичности объектов на основе реакции гидробионтов. В настоящее время необходимость такой оценки регламентируется приказом Минприроды России от 04.12.2014 № 536 «Об утверждении Критериев отнесения отходов к I-V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду».

Процедура биотестирования описана в большом количестве соответствующих международных стандартов. Наиболее распространенные стандартные методики подготовлены Организацией экономического сотрудничества и развития (OECD) и Международной организацией по стандартизации (ISO). Наряду с этим стандартные методы также регламентированы такими организациями как Американский центр по испытанию материалов (ASTM), Министерство экологии и изменений климата Канады (EC), Британский институт стандартов (BSI) и Немецкий институт по стандартизации (DIN). В России приемы биотестирования отражены в государственных стандартах и методиках токсикологического анализа, зарегистрированных, в частности, в реестре Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений. Ранее для экологического анализа рекомендовались методики, также зарегистрированные в федеральных реестрах методик выполнения измерений Росстандарта (МВИ ФР) и природоохранных нормативных документов (МВИ ПНД Ф).

Широкий спектр методик биотестирования, соответствующих отдельным стандартам, на практике нередко приводит к сбоям в определении степени безопасности исследуемых веществ, в установлении класса опасности отходов, к различным несоответствиям при межлабораторных сравнительных испытаниях, когда испытания проводятся по одной и той же методике в разных лабораториях. Причиной этому, как оказалось, в большинстве случаев является разнообразие требований, а нередко несоблюдение условий проведения анализа водных сред.

*Цель работы* – привлечь внимание к вопросу влияния качества фоновой водной среды при испытании проб на ответные реакции тест-организмов. Предпринята попытка проанализировать разнообразие требований к условиям проведения биотестов на основе гидробионтов, вычленить и систематизировать наиболее значимые и важные, которые неукоснительно должны соблюдаться в высококачественных исследованиях.

**Требования к качеству природной и водопроводной воды**

**при биотестировании**

Приемлемость биотестов как эффективных аналитических инструментов гарантируется их *стандартизацией* и соответствием метрологическим характеристикам [1, 2]. Согласно методическим руководствам OECD [3-6], основными условиями биотестирования, которые должны быть стандартизованы, являются: а) способы подготовки исходных проб и испытуемых растворов (разбавлений); б) характеристика и состав культивационной воды и воды для разбавления проб; в) условия экспозиции (температура, режим и интенсивность освещенности, уровень растворенного кислорода, рН и др.). В российской практике, к сожалению, требования к стандартизации условий не всегда строго выдерживаются, поскольку многие лаборатории не оснащены оборудованием для обеспечения климат-контроля при культивировании тест-организмов и проведении биотестирования [7].

Исключительная важность *качества воды*, используемой для культивирования тест-культур и разведения проб, подчеркивается во многих нормативных документах и научной литературе [3-9]. Зарубежными стандартами [3-6, 8, 10] допускается использование несколько вариантов получения водных сред, пригодных для культивирования организмов и разведения проб: природная вода (поверхностная или подземная), дехлорированная водопроводная вода и синтетические среды (английские варианты: synthetic medias, synthetic water, reconstituted water, artificial media, reagent water). Природная и водопроводная вода в английском варианте объединяются под названиями receiving water или acceptable water (далее в тексте «вода приемлемого качества»). Рекомендуется применение одной и то же воды для культивирования и разведения проб.

В российской практике воду для культивирования и разведения проб (в экспериментах с ракообразными и простейшими) чаще всего готовят на основе питьевой водопроводной воды отстаиванием и аэрацией в течение 3-7 суток в стеклянных емкостях в присутствии высшей водной растительности, так называемую, «биологизированную» воду. При отсутствии водопроводной воды удовлетворительного качества допускается использование бутилированной негазированной питьевой воды или поверхностной пресной или грунтовой воды, отобранной вне зоны влияния источников загрязнения и профильтрованной через мембранный фильтр с размером пор 3,5 мкм [11].

Качество воды для биотестов можно оценить по ряду основных показателей: минерализация, жесткость воды, уровень рН и концентрация растворенного кислорода [12]. Рекомендуемые значения рН и содержания растворенного кислорода в культивационной воде природной и/или водопроводной несколько варьируют в методических документах разных стран, но в целом укладываются в диапазоны, указанные в *табл. 1.* Рекомендуемые значения жесткости (CaCO3, мг/дм3) являются более видоспецифичными и в документах различаются в существенно большей степени: от 25 [10] до 400 мг/дм3 [6]. Например, уровень жесткости в пределах 140-250 мг/дм3 рекомендуется для дафний в международных стандартах [3,5]; 80-250 мг/дм3 – для дафний в отечественной практике [11-13]; 80-100 мг/дм3 – для теста с цериодафниями в руководстве ЕРА [8];

Наряду с этим подчеркивается необходимость контроля и ряда других параметров, в том числе количества ионов металлов, органического углерода, хлора и хлорпроизводных соединений. Так, количество Al, As, Cr, Co, Fe, Pb, Ni, Zn не должно превышать 1 мкг/дм3 каждого; содержание Cd, Hg, Ag не должно превышать 100 нг/дм3 каждого [3-6, 8, 15]. Согласно этим же документам, содержание общих органических хлорсодержащих пестицидов, включая полихлорированные бифенилы, должно быть <50 нг/дм3. При использовании воды из природных источников следует контролировать проводимость и общее содержание органического углерода (<2 мг/дм3), или химическое потребление кислорода (<25 мг/дм3) [3-6]. При использовании дехлорированной *водопроводной воды* желателен анализ хлора (<10 мкг/дм3) [3-6]. В российских методиках [11] указывается также на недопустимость присутствия в культивационной воде антагонистических для тест-культур организмов и пищевых конкурентов.

Таблица 1

**Некоторые показатели культивационной воды, рекомендованные разными нормативными документами для биотестирования**

| *Показатель* | *Методики [3,5]* | *Методика [8] Вода средней жесткости* | *Стандарты и методические рекомендации РФ [11-13, 16-17]* |
| --- | --- | --- | --- |
| pH | 6-9 | 7,4-7,8 | 7,0-8,5 |
| Жесткость по CaCO3, мг/дм3 | <400 | 80-100 | 80-250 |
| Кислород, мг/дм3 | ≥ 3 | **-** | ≥ 6,0 |
| Взвешенные частицы, мг/дм3 | <20 | **-** | **-** |
| Общий органический углерод, мг/дм3 | <2 | **-** | **-** |
| Неионизированный аммиак, мкг/дм3 | <1 | **-** | **-** |
| Остаточный хлор, мкг/дм3 | <10 |  | **-** |
| Общие органические фосфоросодержащие пестициды, нг/дм3 | <50 | <50 | **-** |
| Общие органические хлорсодержащие пестициды, включая полихлорированные бифенилы, нг/дм3 | <50 | <50 | **-** |
| Общий органический хлор, нг/дм3 | <25 | **-** | **-** |

Тест-культура, помещенная в культивировационную воду, не должна проявлять признаков стресса и хорошо воспроизводиться. Тип воды может зависеть от цели исследования [8]. Документ [18] предлагает следующие типы воды для различных водных образцов: для стоков, элюатов и фильтратов – вода приемлемого качества или синтетические среды; для природной воды – синтетические среды или вода, отобранная на станции отбора проб, расположенной выше по течению; для модельных токсикантов – синтетические среды; для химикатов – вода приемлемого качества или синтетические среды.

К качеству *природной воды* предъявляются особые требования в связи с тем, что состав природных вод может значительно меняться в зависимости от сезона и региона [19]. Поэтому в период экспериментальных испытаний необходимо следить за тем, чтобы вода соответствовала заданным химическим характеристикам и была постоянного качества. Состав природной, а также водопроводной, воды и ее пригодность для биотестов, рекомендуется оценивать, по крайней мере, дважды в год или когда есть подозрение, что ее характеристики могут значительно измениться [8]. Вода может быть адаптирована до оптимальных условий обитания с помощью особых процедур, например, фильтрованием, дехлорированием, подщелачиванием или подкислением и т.п. В отдельных случаях для культивирования рыб успешно использовали водопроводную воду, профильтрованную с помощью активированного угля (в английском варианте – charcoal filtered water) [20]. В отсутствии доступной природной или водопроводной воды приемлемого качества возможны следующие варианты получения качественной среды для культивирования и разбавления.

**Описание системы подготовки биологизированной воды в аквариумах**

В лаборатории водной токсикологии биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова предложена *система подготовки лабораторной воды*, состоящая из трехступенчатой очистки и ее биологизации [21]. В лаборатории экотоксикологического анализа почв МГУ им. М.В. Ломоносова (ЛЭТАП) апробирована данная система, и предложен вариант для непрерывной производственной работы лаборатории, представляющий собой две независимые системы, размещенные на стеллаже и состоящие из трех аквариумов каждая. Перед заполнением первого аквариума каждого из ярусов вода проходит трехступенчатую очистку через бытовой проточный фильтр (Гейзер 3ИВС люкс). В первом аквариуме вода отстаивается и дехлорируется в течение двух недель с использованием микрокомпрессора (Sera air 550 R plus) для ее принудительной аэрации атмосферным воздухом. Далее вода из первого аквариума переливается во второй с кварцевым песком и высшей водной растительностью, необходимой для ее биологизации. Многочисленные данные свидетельствуют об активной средообразующей роли высших водных растений, насыщением воды метаболитами макрофитов [22]. Вода во втором аквариуме непрерывно фильтруется внешним фильтром (Tetra EX 600 Plus), которой необходим для очистки воды от мути, перемешивания верхних и нижних слоев воды, способствуя газообмену воды аквариума с воздухом помещения. Освещение в аквариуме работает 12 часов в сутки, регулируется розеткой-таймером. Вода во втором аквариуме биологизируется в течение 14 дней, далее готовая вода переливается в третий аквариум с микрокомпрессором. Затем вода используется для культивирования гидробионтов и разведения проб в ходе экотоксикологических экспериментов. Во всех аквариумах для перелива применяются шланги с помпами (Sera FP 350), что обеспечивает более удобную подготовку воды.

Полученная биологизированная вода имеет следующие гидрохимические показатели воды, которые варьируют в пределах: рН – 8,0-8,5; солесодержание – 0,2-0,3 г/дм3, содержание кислорода – 8-11,5 мг/дм3. Адаптация гидробионтов *Daphnia magna* и *Ceriodaphnia affinis* к биологизированной воде дала воспроизводимый результат по определению чувствительности тест-культур к модельному токсиканту – дихромату калия. Согласно методикам биотестирования для дафний [13] и цериодафний [14], эффективные (действующие) концентрации модельного токсиканта (калий дихромат) , при действии которого в течение 24 часов гибнет 50% особей, лежит в диапазоне 0,9-2,0 мг/дм3 [13]. В ЛЭТАП по полученным квартальным исследованиям полулетальная концентрация дихромата калия ЛК50-24 находилась в диапазоне 0,96-1,33 мг/дм3 для дафний и 0,91-1,65 мг/дм3 для цериодафний. Это говорит о том, что биологизированную воду можно использовать для целей культивирования гидробионтов и биотестирования, с учетом контроля качества исходной водопроводной воды.

**Пресноводные синтетические среды**

Наиболее успешные для культивирования различных беспозвоночных организмов и применяемые сегодня синтетические среды представлены в *табл. 2*.

Таблица 2

**Состав некоторых синтетических сред для культивирования водных**

**беспозвоночных животных**

| *Питательные элементы* | *\*Стандартная пресная вода на деионизированной воде согласно [8]  Вода средней жесткости* | *\*\*Стандартная пресная вода на деионизированной или дистиллированной воде согласно [10] (ISO medium)* | *\*\*\*Среды M4 и M7 согласно стандартам [3,5-6]* |
| --- | --- | --- | --- |
| *Концентрация, мг/дм3* | | |
| NaHCO3 | 96 | 67,75 | 64,8 |
| CaCl2\*2H2O | 120 | 294 | 293,8 |
| MgSO4\*7H2O | 123 | 123,25 | 123,3 |
| KCl | 4 | 5,75 | 5,8 |
| NaSiO3\*9H2O | **-** | **-** | 10,0 |
| NaNO3 | **-** | **-** | 0,274 |
| KH2PO4 | **-** | **-** | 0,143 |
| K2HPO4 | **-** | **-** | 0,184 |

Примечания:

\*для коловраток и ракообразных, кроме дафний

\*\*для дафний

\*\*\* для ракообразных и личинок хирономид.

Состав сред M4 and M7 достаточно сложен. Помимо питательных макроэлементов (указанных в табл. 2), в данные среды включают следовые количества H3BO3, MnCl2\*4H2O, LiCl, RbCl, SrCl2\*6H2O, NaBr, Na2MoO4\*2H2O, CuCl2\*2H2O, ZnCl2, CaCl2\*6H2O, KI, Na2SeO3, NH4VO3, Na2EDTA\*2H2O, FeSO4\*7H2O, а также витамины – тиамин гидрохлорид, цианокобаламин (B12), биотин. Причем, среда M4 является более жесткой, и микроэлементы (кроме ZnCl2, CaCl2\*6H2O, KI, Na2SeO3, NH4VO3) в ее составе содержатся в 4-кратном количестве по сравнению со средой М7. Среда M4 впервые была описана ученым Б.П. Элендтом в 1990 г., тем не менее, сегодня она готовится согласно описанию 1990 г. двух авторов, Элендта и Биаса [23].

Необходимо отметить, что в случае ожидаемого взаимодействия между ионами жесткости и тестируемым веществом, рекомендуется использование воды меньшей жесткости, поэтому применение среды M4 весьма нежелательно [3, 5-6]. Документ [8] также предусматривает приготовление синтетических сред с градацией жесткости: очень мягкая, мягкая, средней жесткости, жесткая, очень жесткая. Однако наиболее распространенной является синтетическая среда средней жесткости (в английском варианте – moderately hard water).

В ЛЭТАП был поставлен эксперимент по адаптации культуры *D. magna* к синтетической среде, согласно требованиям [10] – ISO medium. После адаптации нескольких поколений дафний полулетальная концентрация дихромата калия ЛК50-24 составляла для дафний 1,41 мг/дм3. То есть чувствительность культуры дафний находилась в допустимом диапазоне для ее использования в биотестировании. Следует отметить, что до этого культура дафний, культивируемая на бутилированной негазированной воде, оказалась более чувствительной относительно допустимого диапазона. Это свидетельствует о возможности адаптации *D. magna* к данной синтетической среде, хотя литературные данные свидетельствуют о более успешном применении сред M4 и M7. Отмечают, что выживаемость и репродуктивность *D. magna* является наилучшей в среде M4 и среде Ааченера для дафний (Aachener Daphnien Medium - ADAM), приготовленной на основе синтетических морских солей и аналитически чистых химических соединений [19]. В работе других авторов синтетическая среда согласно [10] успешно использовалась для инкубации цист пресноводных коловраток [*Brachionus*](https://en.wikipedia.org/wiki/Brachionus) *сalyciflorus* [24].

**Заключение**

Обобщая сказанное, можно заключить, что получение воспроизводимых результатов биотестирования требует использования стандартной культивационной воды как среды обитания гидробионтов в лабораторных условиях, а также среды для приготовления водных вытяжек и разбавления проб. Надежность тест-культур проверяется по чувствительности к модельному токсиканту, который растворяется в культивационной воде. Реакция гидробионтов на модельный токсикант в большой степени зависит от качества среды, в которой они культивируются и, следовательно, проводятся испытания.

Состав синтетических питательных сред для культивирования микроводорослей, которые используются в биотестировании, легко контролировать приготовлением навесок химических реагентов. Однако в биотестах с применением ракообразных такие синтетические среды используются редко.

Как правило, для культивирования тест-культур ракообразных, как и для разбавления анализируемых проб, используется природная и водопроводная вода, требования к которым изложены в разных вариантах национальных и международных стандартов. Именно небольшие различия в составах вод и могут быть причиной неудовлетворительных результатов межлабораторных испытаний и количественных оценок степени опасности анализируемых проб, включая установление класса опасности отходов. Возможный выход из таких сложных ситуаций мы видим в более полном анализе химического состава воды, которая идет на приготовление проб и выращивания тест-организмов, в уточнении требований стандартов качества культивационной воды и их неуклонное выполнение.

*Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 14-50-00029 , проект «Научные основы создания банка депозитария живых систем»*

**Литература**

1. Ratte H.T., Hammers-Wirtz M., Cleuvers M. Ecotoxicity testing / Bioindicators and biomonitors (B.A. Markert, A.M. Breure, H.G. Zechmeister, ed.), Chapter 7. – Elsevier Science Ltd., 2003. – Pр. 221-256.

2. Hernando M.D., Malato O., Farré M., Fernandez-Alba A.R., Barceló D. [Application of ring study: Water toxicity determinations by bioluminescence assay with *Vibrio fischeri*](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003991400500665X) // Talanta, 2006. V. 69. I. 2. – Pp. 370-376.

3. OECD. Guideline for the testing of chemicals 202: Daphnia sp., acute immobilisation test. Adopted 13 April 2004, Paris (FR). – 12 p.

4. OECD. Guideline for the testing of chemicals [201: Freshwater alga and cyanobacteria, growth inhibition test](http://www.oecd-ilibrary.org/environment/test-no-201-alga-growth-inhibition-test_9789264069923-en;jsessionid=h29m76fsp4qgl.x-oecd-live-02). Adopted 28 July 2011, Paris (FR). – 25 p.

5. OECD. Guideline for the testing of chemicals [211: *Daphnia magna* reproduction test](http://www.oecd-ilibrary.org/environment/test-no-211-daphnia-magna-reproduction-test_9789264185203-en;jsessionid=h29m76fsp4qgl.x-oecd-live-02). Adopted 02 Oct 2012, Paris (FR). – 20 p.

6. OECD. Guideline for the testing of chemicals [235: Chironomus sp., acute immobilisation test](http://www.oecd-ilibrary.org/environment/test-no-235-chironomus-sp-acute-immobilisation-test_9789264122383-en;jsessionid=h29m76fsp4qgl.x-oecd-live-02). Adopted 28 July 2011, Paris (FR). – 16 p.

7. Григорьев Ю.С., Шашкова Т.Л., Стравинскене Е.С. Биотестирование в системе экологического мониторинга качества вод: решаемые задачи и условия, обеспечивающие получение воспроизводимых результатов / Матер. Всерос. конф. по водной экотоксикологии: Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы (Борок, 28 октября – 1 ноября 2014 г.). Т.1, 2014. – С. 130-132.

8. US EPA. Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organisms, 4th Edition. – EPA/600/4/-90/027F, 1994. – 28 p.

9. Федосеева Е. В., Сапункова Н. Ю., Терехова В. А. Практическая экотоксикология: оценка чувствительности биотест-культур: Учебное пособие / Под ред. В.А. Тереховой. – М.: ГЕОС, 2016. – С. 54.

10. ISO 6341:2012. Water quality – Determination of the inhibition of the mobility of *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Crustacea) – Acute toxicity test. – 22 p.

11. Методика измерений количества *Daphnia magna* Straus для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления методом прямого счета ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.12-06 Т 16.1:2:2.3:3.9-06. – М., 2014. – 39 с.

12. Чалова И.В., Крылов А.В. Оценка качества природных и сточных вод методами биотестирования с использованием ветвистоусых ракообразных (Cladocera, Crustacea): научно-методическое издание. – Рыбинск: Изд-во ОАО «Рыбинский Дом печати», 2007. – 73 с.

13. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний. ФР.1.39.2007.03222. – М.: АКВАРОС, 2007. – 52 с.

14. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости цериодафний. ФР.1.39.2007.03221. – М.: АКВАРОС, 2007. – 56 с.

15. APHA. Standard methods for examination of water and waste water. – Washington: AWWA, 1992. – 36 p.

16. Вавилова В. М., Терехова В.А. Условия отбора и подготовки проб для некоторых методов биотестирования вод, почв и отходов / Учебно-метод. пособие. – М.: Макс Пресс МГУ, 2009. – С. 40.

17. [Терехова В. А.](http://istina.msu.ru/workers/500242/), [Воронина Л. П.](http://istina.msu.ru/workers/1375398/), [Гершкович Д. М.](http://istina.msu.ru/workers/1639908/), [Ипатова В. И.](http://istina.msu.ru/workers/570423/), [Исакова Е. Ф.](http://istina.msu.ru/workers/1749838/), [Котелевцев С.В.](http://istina.msu.ru/workers/558885/), [Попутникова Т.О.](http://istina.msu.ru/workers/7613874/), [Рахлеева А. А.](http://istina.msu.ru/workers/1763762/), [Самойлова Т. А.](http://istina.msu.ru/workers/1986107/), [Филенко О.Ф.](http://istina.msu.ru/workers/1758276/) Биотест-системы для задач экологического контроля: Методические рекомендации по практическому использованию стандартизованных тест-культур. – М.: Доброе слово, 2014. – С. 48.

18. EC. Biological test method: Growth inhibition test using a Freshwater Alga. – Ottawa: Environmental Protection Series, Environment Canada, 2007. Report EPS 1/RM/25. – 78 p.

19. Klüttgen B., Dülmer U., Engels M. and Ratte H.T. Adam, an artificial freshwater for the culture of zooplankton // Water Resources, 1994. V. 28. № 3. – P. 743-746.

20. Jin M., Zhangc X., Wanga L., Huanga Ch., Zhang Y., Zhao M. Developmental toxicity of bifenthrin in embryo-larval stages of zebrafish // Aquatic Toxicology, 2009. № 95. – Pр. 347-354.

21. Филенко О.Ф., Исакова Е.Ф., Гершкович Д.М., Ипатова В.И., Дмитриева А.Г. Биотестирование качества среды с использованием гидробионтов. Раздел большого практикума по гидробиологии: Учебно-методическое пособие. – М.: МГУ, 2015. – 44 с.

22. Кирпенко Н.И., Усенко О.М. Влияние высших водных растений на микроводоросли (обзор) // Гидробиологический журнал, 2012. Т. 48. № 6. – С. 66-88.

23. Elendt B.P., Bias W.R. Trace nutrient deficiency in *Daphnia magna* cultured in standard medium for toxicity testing. Effects of the optimization of culture conditions on life history parameters of *D. magna* // Water Resoures, 1990. № 24. – Pр. 1157-1167.

24. Saґnchez-Fortùn S., Barahona M.V. Comparative study on the environmental risk induced by several pyrethroids in estuarine and freshwater invertebrate organisms // Chemosphere, 2005. № 59. – Pр. 553-559.

*Сведения об авторах:*

Федосеева Елена Васильевна, к.б.н., ассистент, **Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова (РНИМУ им. Н.И. Пирогова); тел.:** 8 (925) 625-43-51, e-mail:[elenfedoseeva@gmail.com](mailto:elenfedoseeva@gmail.com).

Гладкова Марина Михайловна, сотрудник лаборатории Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (МГУ им. М.В. Ломоносова); тел.: 8 (925) 027-52-25, e-mail: marika230489@gmail.com.

Учанов Павел Владимирович, м.н.с. Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН (ИПЭЭ РАН); тел.: 8 (916) 695-50-87, e-mail: pavel-uchanov@mail.ru.

Терехова Вера Александровна, д.б.н., доцент, руководитель лаборатории (ЛЭТАП МГУ), Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (МГУ им. М.В. Ломоносова); профессор (РНИМУ) **Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н.И. Пирогова (РНИМУ им. Н.И. Пирогова); тел.:** 8 (495) 930-03-95, e-mail: letap.msu@gmail.com.

**Климатические ресурсы**

**Многолетние изменения основных метеорологических характеристик в бассейне Амура**

УДК 551.583

*Ж.В. Кузьмина1, д.г.н., С.Е. Трешкин2****,*** *д.с.-х.н.*

*1Институт водных проблем РАН*

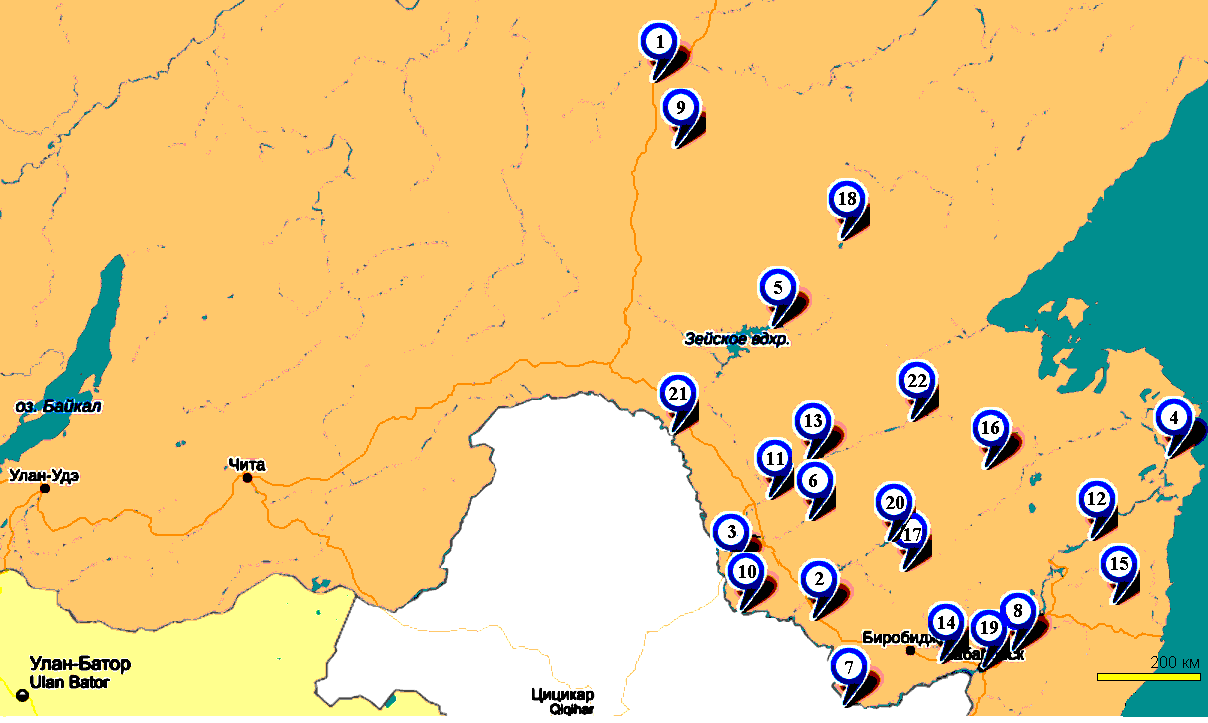
*2Федеральное агентство научных организаций*

Для бассейна Амура проанализирована многолетняя годовая, полугодовая и сезонная динамика основных метеорологических характеристик (суммарных атмосферных осадков и температуры воздуха: средних, максимальных и минимальных) по их трендам за многолетний период (за 54-174 года, т.е. с момента открытия станций по 2013 г.) на основе суточных наблюдений 19 метеорологических станций ВМО. Проведено сравнение полученных данных с тремя метеостанциями сибирского Ленского бассейна. Оценена доля климатических изменений на основе предложенного относительного коэффициента изменений метеорологических характеристик.

*Ключевые слова:*средняя, абсолютная минимальная, абсолютная максимальная, средняя максимальная, средняя минимальная температура воздуха, суммарные атмосферные осадки; *относительный коэффициент изменений* основных метеорологических характеристик (ОКИ), климатические изменения.

Изменения климата сегодня сильно воздействуют на окружающую среду, а с конца 70-х гг. XX в. проблема нестабильных климатических условий на земном шаре стала чрезвычайно острой и глобальной [1, 2]. Сегодня прогноз динамики экосистемного покрова как пойменных, так и водосборных территорий не возможен без анализа климатических изменений, что является чрезвычайно важной задачей. Её решение будет способствовать не только сохранению естественных экосистем на охраняемых природных территориях, но сможет определить также новую ориентацию некоторых отраслей народного хозяйства (лесное, сельское, водное) в условиях меняющегося климата.

Данное исследование выполнено для целей оценки современного состояния и динамики экосистем бассейна Амура, поэтому оценивались лишь средние, абсолютные минимальные и максимальные, а также средние минимальные и максимальные величины основных метеорологических характеристик в многолетнем аспекте для 22-х метеостанций Росгидромета (*рис. 1*), т.е. для 19-и, находящихся в бассейне Амура и 3-х – в сибирском – Ленском бассейне (Алдан, Канку, Токо), входящих в систему ВМО. Сибирские метеостанции были взяты для того, чтобы сравнить тенденции динамики метеорологических характеристик Амурского бассейна с близлежащими северо-восточными сибирскими территориями. Все данные анализировавшихся метеостанций имеют длительные непрерывные выверенные и корректные ряды наблюдений (осадков и температуры).



*Рис. 1.* **Расположение анализируемых метеостанций** (кружки с номерами внутри – местоположение метеостанций и международный номер в системе ВМО: 1 – Алдан, 2 –  Архара, 3 – Благовещенск, 4 – Богородское, 5 – Бомнак, 6 – Верхняяя Томь, 7 – Екатерино-Никольское, 8 – Елабуга, 9 – Канку, 10 – Константиновка, 11 – Мазаново, 12 – Нижнетамбовское, 13 – Норск, 14 – Смидович, 15 – Солекуль, 16 – Софийский прииск, 17 – Сутырь, 18 – Токо, 19 – Хабаровск, 20 – Чекунда, 21 – Черняево, 22 – Экимчан)

Использовались суточные данные метеостанций (*табл. 1, 2*) за период с момента их открытия по 2013 г. включительно.

Количество атмосферных осадков за разные периоды (месяцы, сезоны, полугодия, годы) высчитывалось как сумма суточного их количества за необходимые временные периоды. Средние температуры воздуха за месяцы, годы, сезоны и полугодия высчитывались из среднесуточной температуры путем осреднения данных для необходимых временных периодов. На основе суточных абсолютных минимальных и максимальных температур воздуха определялись их значения за разные временные периоды. Средние минимальные и максимальные температуры воздуха рассчитывались усреднением суточных абсолютных максимальных и минимальных температур.

Для того, чтобы анализ внутригодовых изменений основных метеорологических характеристик (осадков и температуры воздуха) был проведен более качественно и сравнимо, годовой цикл был разбит в равных пропорциях на теплое (4-9 месяцы) и холодное (1-3, 10-12 месяцы) полугодия.

Для выявления возможных изменений в динамике распределения теплых и холодных периодов в годовом цикле анализировались их различные по длительности периоды таким образом, что помимо указанных выше полугодий оценивались также теплые и холодные полугодия другой длительности, т.е. дополнительно еще для теплого полугодия с 5-го по 10-й месяц и с 4-го по 10-й месяц отдельно, а также аналогично для двух холодных полугодий (1-4, 11-12 месяцы и 1-3, 11-12 месяцы). Помимо этого, для всех метеостанций проводился также анализ метеорологических данных по сезонам года: весна (3-5 месяцы), лето (6-8 месяцы), осень (9-11 месяцы), зима (1-2, 12 месяцы) для каждого из годов в многолетнем ряду данных.

Климатические изменения определялись на основе выявления достоверных трендов основных метеорологических характеристик (средних, максимальных и минимальных температур воздуха и суммарных атмосферных осадков) за многолетний период 54-174 года (табл. 1, 2). По многолетним рядам данных строились графики их многолетней динамики и высчитывались коэффициенты корреляции между фактическими данными и их линейными трендами. Оценивались только те коэффициенты корреляции, значимость которых лежала в пределах от 90% до 99,9% [3]. Анализировались все достоверные коэффициенты корреляции для всех исследуемых метеорологических характеристик (для осадков – *табл. 3*, для средней температуры воздуха (t°C), для абсолютной минимальной t°C, для абсолютной максимальной t°C, для средней минимальной t°C, для средней максимальной t°C) по всем периодам, несмотря на то, что для данных с периодическими циклически меняющимися величинами повышенных и пониженных значений, наличие устойчивого тренда определяется коэффициентом корреляции большим или равным 0,3 [4].

Достоверные коэффициенты корреляции меньше 0,3 анализировались постольку, поскольку иногда их изменения по тренду составляли 1°С или более. Ннапример, изменения средних температур зимой в Алдане (№ 1) при r=0,20 со значимостью 0,10 составили 1,7°С, а изменения за лето в Хабаровске (№ 19) при r=0,17 и α=0,10 – 0,5°С (*табл. 4*). При этом снижение урожайности зерновых в Западной Европе на 15 ц/га происходит уже при понижении среднегодовой температуры воздуха на 1°С.

Для дальнейшего анализа динамических изменений основных климатических характеристик (осадков и температуры; см. табл. 4) и сравнительной оценки величины многолетней динамики температуры воздуха (а также осадков) нами был предложен *относительный коэффициент изменений* основных метеорологических характеристик – ОКИ [5] выраженный в % (% амп.), который отражает отношение модуля изменения температуры (или осадков) за многолетний период к амплитуде колебания этой температуры (или осадков), выраженное в % (*табл. 5*).

Таблица 1

**Анализ трендов многолетних изменений значений атмосферных осадков и температуры воздуха (средней, абсолютной минимальной**

*и абсолютной максимальной) в бассейне Амура (фрагмент таблицы)*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Метеостанция* | *Значение (год, полуго-дие, сезон)* | *Осадки, мм* | | | | | | | | *Средняя t°С воздуха* | | | | | | | *Индекс Педя* | | *Абсолютная минимальная t°С воздуха* | | | | | | | *Абсолютная максимальная t°С воздуха* | | | | | | |
| ***кол-во лет*** | *тренд* | *r1* | *α2* | *среднее3* | *Δ4* | *% от ср.5* | *% от ампл.6* | *кол-во лет* | *тренд* | *r* | *α* | *среднее* | *Δ* | *% от ампл.* | *ИПедя 17* | *ИПедя 28* | *кол-во лет* | *тренд* | *r* | *α* | *абс. мин.3* | *Δ* | *% от ампл.* | *кол-во лет* | *тренд* | *r* | *α* | *абс. макс.3* | *Δ* | *% от ампл.* |
| *Богородское (Хабаровский кр.), 52° 23' с.ш., 140° 28' в.д., 35 м БС, № ВМО 31439* |  | *1936-2013* | | | | | | | | *1936-2013* | | | | | | |  |  | *1936-2013* | | | | | | | *1936-2013* | | | | | | |
| Годовое  (1-12) | 78 | **+** | **0,46** | 0,01 | **475,5** | **165,2** | **34,8** | **37,3** | 78 | **+** | **0,58** | 0,001 | **-1,5** | **1,7** | **44,9** | 0,8 | 0,1 | 78 | **+** | **0,35** | 0,01 | **-47,7** | **3,4** | **23,6** | 78 | **+** | **0,20** | 0,10 | **34,0** | **1,3** | **14,1** |
| Тепл. п.  (4-9) | 78 | **+** | **0,26** | 0,05 | **110,3** | **75,1** | **23,4** | **17,3** | 78 | **+** | **0,51** | 0,001 | **11,1** | **1,4** | **34,6** | 0,6 | 0,1 | 76 | + (0) | 0,15 | н | -26,9 | - | - |  |  |  |  |  |  |  |
| Холод. п.  (1-3;10-12) | 78 | **+** | **0,46** | 0,001 | **154,8** | **90,2** | **58,7** | **29,2** | 77 | **+** | **0,48** | 0,001 | **-14,2** | **2,1** | **36,1** | **3,1** | **3,3** |  |  |  |  |  |  |  | 78 | **+** | **0,29** | 0,01 | **21,5** | **2,5** | **17,6** |
| Весна  (3-5) | 78 | **+** | **0,23** | 0,05 | **80,4** | **24,4** | **30,4** | **19,3** | 78 | **+** | **0,39** | 0,001 | **-1,7** | **1,6** | **29,6** | 0,5 | 0,2 | 76 | **+** | **0,24** | 0,05 | **-35,7** | **2,6** | **16,8** | 78 | **+** | **0,29** | 0,01 | **30,7** | **3,5** | **21,8** |
| Лето  (6-8) | 78 | **+** | **0,22** | 0,10 | **188,4** | **52,4** | **27,8** | **13,2** | 78 | **+** | **0,38** | 0,001 | **16,3** | **1,3** | **29,6** | 0,3 | -0,2 | 78 | **+** | **0,31** | 0,01 | **-1,4** | **1,8** | **20,9** |  |  |  |  |  |  |  |
| Осень  (9-11) | 78 | **+** | **0,28** | 0,05 | **141,6** | **42,2** | **29,8** | **20,4** | 78 | **+** | **0,41** | 0,001 | **1,0** | **1,5** | **29,6** | 1,7 | 0,0 | 77 | **+** | **0,27** | 0,05 | **-34,6** | **3,1** | **17,9** | 78 | **+** | **0,22** | 0,10 | **27,1** | **1,3** | **15,0** |
| Зима  (1-2; 12) | 78 | **+** | **0,35** | 0,01 | **65,1** | **46,2** | **71,0** | **21,5** | 77 | **+** | **0,39** | 0,001 | **-22,0** | **2,5** | **28,6** | **3,5** | **3,5** |  |  |  |  |  |  |  | 78 | + (0) | 0,14 | Н | 4,6 | - | - |
| Тепл. п.  (5-10) | 78 | **+** | **0,29** | 0,01 | **342,3** | **85,5** | **25,0** | **19,8** | 78 | **+** | **0,57** | 0,001 | **11,5** | **1,4** | **35,5** | 1,0 | 0,1 | 78 | **+** | **0,24** | 0,05 | **-22,1** | **3,0** | **16,6** |  |  |  |  |  |  |  |
| Холод. п.  (1-4; 11-12) | 78 | **+** | **0,43** | 0,001 | **133,2** | **79,8** | **59,9** | **27,9** | 77 | **+** | **0,48** | 0,001 | **-14,7** | **2,1** | **35,7** | **3,2** | **3,4** |  |  |  |  |  |  |  | 78 | **+** | **0,21** | 0,10 | **22,5** | **2,5** | **17,5** |
| Тепл. п.  (4-10) | 78 | **+** | **0,31** | 0,01 | **365,2** | **91,8** | **25,1** | **20,8** | 78 | **+** | **0,56** | 0,001 | **9,8** | **1,4** | **36,4** | 0,7 | -0,1 | 77 | + (0) | 0,13 | н | -26,9 | - | - |  |  |  |  |  |  |  |
| Холод. п.  (1-3; 11-12) | 78 | **+** | **0,43** | 0,001 | **110,3** | **73,4** | **66,6** | **28,4** | 77 | **+** | **0,45** | 0,001 | **-17,5** | **2,2** | **33,5** | **3,2** | **3,3** |  |  |  |  |  |  |  | 78 | + (0) | 0,06 | н | 12,0 | - | - |

*Примечания****:*** 1)*r 1*–коэфф. корреляции линейного тренда с кривыми фактических многолетних значений осадков и температур воздуха; 2) *α 2*– значимость коэфф. корреляции; 3) *среднее, абс.мин., абс.макс.3*– средние, абс. минимальные и максимальные температуры воздуха, а также среднее количество суммарных атмосферных осадков за многолетний период по фактическим данным; 4)*Δ4*–модуль изменения величины фактического значения за рассматриваемый период, высчитанный на основании тренда; 5***) %*** *от ср.*5 –показатель доли изменения фактических средних значений осадков, рассчитанный как отношение модуля изменения к модулю ср. значения параметра, выраженный в %; 6) *%**от ампл.6*– ОКИ – показатель доли изменения фактических средних значений осадков, рассчитанный как отношение модуля изменения параметра к модулю амплитуды колебания фактических значений этого параметра в многолетнем аспекте, выраженное в %; 7) *ИПедя 1 7* – индекс засушливости Педя (1); 8) *ИПедя 2 8* – модифицированный индекс засушливости Педя (2); жирным шрифтом выделены значения показателей для трендов с достоверными (значимыми) коэфф. корреляции.

Таблица 2

**Анализ трендов многолетних изменений средних минимальных и средних максимальных**

**температур воздуха в бассейне Амура** (фрагмент таблицы)

| *Значение (год, полугодие, сезон)* | *Ср. мин. t°С воздуха* | | | | | | | *Ср. макс. t°С воздуха* | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***кол-во лет*** | *тренд* | *r1* | *α2* | *среднее3* | *Δ4* | *% от ампл.6* | *кол-во лет* | *тренд* | *r* | *α* | *среднее* | *Δ* | *% от ампл.* |
| *Станция* | *Благовещенск (Амурская обл.), 50° 16' с.ш., 127° 30' в.д.,*  *132 м БС, № ВМО 31510* | | | | | | | | | | | | | |
| *Период* | *1910-2013* | | | | | | | *1881-2013* | | | | | | |
| Год (1-12) | 104 | **+** | **0,68** | 0,001 | **-4,4** | **2,5** | **51,3** | 100 | **+** | **0,61** | 0,001 | **6,6** | **2,4** | **43,5** |
| Тепл. пол. (4-9) | 104 | **+** | **0,70** | 0,001 | **9,2** | **1,9** | **59,0** | 100 | **+** | **0,53** | 0,001 | **20,6** | **1,9** | **37,8** |
| Холод. пол. (1-3;10-12) | 103 | **+** | **0,57** | 0,001 | **-18,0** | **3,1** | **42,4** | 100 | **+** | **0,53** | 0,001 | **-7,2** | **2,8** | **40,6** |
| Весна (3-5) | 104 | **+** | **0,60** | 0,001 | **-3,7** | **3,1** | **43,5** | 100 | **+** | **0,51** | 0,01 | **8,6** | **3,4** | **39,8** |
| Лето (6-8) | 104 | **+** | **0,54** | 0,001 | **14,8** | **1,7** | **36,4** | 100 | **+** | **0,30** | 0,01 | **25,6** | **1,2** | **18,6** |
| Осень (9-11) | 102 | **+** | **0,47** | 0,001 | **-3,3** | **1,9** | **34,9** | 100 | **+** | **0,35** | 0,001 | **7,3** | **1,5** | **28,8** |
| Зима (1-2; 12) | 103 | **+** | **0,48** | 0,001 | **-25,8** | **3,4** | **33,9** | 100 | **+** | **0,49** | 0,001 | **-15,1** | **3,4** | **36,1** |
| Тепл. пол. (5-10) | 104 | **+** | **0,66** | 0,001 | **9,2** | **1,8** | **47,2** | 100 | **+** | **0,45** | 0,001 | **20,4** | **1,4** | **30,4** |
| Холод. пол. (1-4; 11-12) | 103 | **+** | **0,57** | 0,001 | **-18,2** | **3,2** | **41,9** | 100 | **+** | **0,56** | 0,001 | **-7,2** | **3,3** | **43,0** |
| Тепл. пол. (4-10) | 104 | **+** | **0,70** | 0,001 | **7,6** | **1,9** | **52,8** | 100 | **+** | **0,52** | 0,001 | **18,9** | **1,7** | **35,0** |
| Холод. пол. (1-3; 11-12) | 103 | **+** | **0,54** | 0,001 | **-21,2** | **3,3** | **39,7** | 100 | **+** | **0,53** | 0,001 | **-10,5** | **3,3** | **41,3** |

Он рассчитывается как отношение *модуля изменения трендовых значений* температуры (или осадков) за многолетний период к *модулю амплитуды колебания фактических (измеренных) значений* этого параметра в многолетнем аспекте: , где и начальные и конечные значения линейного тренда оцениваемой метеорологической характеристики (температуры или осадков), а  и  – максимальные и минимальные фактические (измеренные) значения этого параметра (температуры средней, максимальной, минимальной или осадков) за многолетний период [5, 6].

В соответствии с климатическим районированием Б.П.Алисова, территория бассейна Амура относится к умеренному климатическому поясу, к его муссонной дальневосточной области [7], которая отличается муссонным типом годового хода осадков [8]. Этот тип определяется максимумом осадков летом и минимумом зимой. Кроме того, его характеризует резкий годовой ход с очень большой амплитудой изменения в выпадении осадков в различные периоды года. Например, среднемноголетнее значение осадков за летний сезон в Благовещенске составляет 335 мм, а зимой – только 19 мм (см. табл. 1). Однако, сама река Амур образуется слиянием рек Шилка и Аргунь, которые вместе с их бассейнами относятся к совершенно другой климатической области – к континентальной восточносибирской, поэтому полученные данные по 19 метеостанциям Амурского басссена сравнивались с данными трёх метеостанций, относящихся к континентальной восточносибирской климатической области (Алдан, Канку, Токо).

Таблица 3

**Коэффициенты корреляции линейных трендов кривых многолетних изменений суммарных атмосферных осадков в бассейне Амура**

**и для трех метеостанций сибирского (Ленского) бассейна (Алдан № 1, Канку № 9 и Токо № 18)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Период времени в месяцах* | *Метеорологические станции* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | *Для r положительных* | | |
| *1* | *2* | | *3* | *4* | *5* | *6* | *7* | *8* | *9* | *10* | *11* | *12* | *13* | *14* | *15* | *16* | *17* | *18* | *19* | *20* | *21* | *22* | *ср.* | *макс.* | *Мин.* |
| *Годовое*  *(1-12)* | **0,62** | 0,01 | | **0,22** | **0,46** | 0,03 | -0,11 | -0,03 | -0,18 | **0,36** | -0,02 | **0,24** | **0,30** | 0,05 | -0,19 | **-0,41** | -0,06 | -0,11 | -0,04 | 0,05 | -0,18 | **0,44** | 0,12 | 0,38 | 0,62 | 0,22 |
| *Тепл. п.*  *(4-9)* | **0,45** | 0,10 | | **0,16** | **0,26** | -0,01 | -0,09 | -0,10 | **-0,25** | **0,29** | 0,07 | **0,20** | **0,20** | -0,02 | **-0,26** | **-0,27** | -0,16 | **-0,19** | -0,12 | 0,03 | **-0,22** | **0,39** | 0,02 | 0,28 | 0,45 | 0,16 |
| *Холод. п.*  *(1-3; 10-12)* | **0,67** | **0,33** | | **0,31** | **0,46** | **0,20** | **0,23** | **0,27** | 0,17 | **0,42** | **0,24** | **0,29** | **0,28** | **0,29** | **0,26** | **-0,56** | **0,39** | **0,30** | **0,26** | **0,30** | **0,21** | **0,44** | **0,27** | 0,32 | 0,67 | 0,20 |
| *Тепл.п.*  *(4-10)* | **0,51** | 0,09 | | **0,17** | **0,31** | 0,01 | -0,12 | -0,10 | **-0,24** | **0,33** | -0,07 | **0,20** | **0,21** | -0,01 | **-0,24** | **-0,32** | -0,08 | -0,14 | -0,06 | -0,02 | **-0,20** | **0,41** | 0,06 | 0,31 | 0,51 | 0,17 |
| *Холод. п.*  *(1-3; 11-12)* | **0,66** | **0,47** | | **0,35** | **0,43** | 0,10 | **0,43** | **0,42** | **0,26** | **0,30** | **0,32** | **0,47** | **0,26** | **0,35** | **0,33** | **-0,54** | 0,12 | **0,22** | 0,13 | **0,38** | **0,19** | **0,54** | **0,31** | 0,37 | 0,66 | 0,19 |
| *Тепл. п.*  *(5-10)* | **0,47** | 0,13 | | 0,14 | **0,29** | 0,02 | -0,16 | -0,10 | **-0,33** | **0,34** | -0,09 | 0,16 | 0,17 | -0,02 | **-0,22** | **-0,30** | -0,06 | -0,17 | -0,04 | -0,04 | **-0,22** | **0,39** | 0,02 | 0,37 | 0,47 | 0,29 |
| *Холод. п.*  *(1-4; 11-12)* | **0,68** | **0,45** | | **0,35** | **0,43** | 0,05 | **0,40** | **0,52** | 0,18 | **0,21** | **0,31** | **0,41** | **0,33** | **0,28** | 0,19 | **-0,52** | -0,02 | **0,28** | 0,01 | **0,35** | **0,22** | **0,44** | **0,39** | 0,38 | 0,68 | 0,21 |
| *Весна*  *(3-5)* | **0,60** | 0,15 | | **0,25** | **0,23** | 0,04 | 0,13 | 0,15 | -0,03 | 0,15 | 0,13 | **0,19** | **0,41** | **0,25** | 0,08 | **-0,34** | -0,02 | **0,22** | **-0,20** | 0,17 | 0,13 | **0,43** | **0,42** | 0,33 | 0,60 | 0,19 |
| *Лето*  *(6-8)* | **0,24** | 0,07 | | 0,11 | **0,22** | -0,06 | -0,14 | -0,04 | -0,19 | 0,19 | -0,02 | **0,19** | 0,08 | -0,03 | -0,20 | -0,24 | -0,16 | **-0,22** | -0,12 | 0,01 | **-0,26** | **0,28** | -0,12 | 0,23 | 0,28 | 0,19 |
| *Осень*  *(9-11)* | **0,56** | 0,08 | | 0,01 | **0,28** | 0,13 | 0,06 | -0,16 | -0,08 | **0,37** | -0,18 | -0,05 | 0,16 | -0,08 | -0,01 | **-0,31** | 0,22 | 0,02 | **0,25** | -0,07 | -0,01 | **0,24** | **0,17** | 0,31 | 0,56 | 0,17 |
| *Зима*  *(1-2; 12)* | **0,50** | **0,41** | | **0,36** | **0,35** | **0,24** | **0,30** | **0,33** | -0,17 | **0,21** | **0,39** | **0,46** | 0,15 | **0,30** | 0,16 | **-0,40** | 0,00 | 0,16 | 0,04 | 0,18 | **0,19** | **0,48** | **0,24** | 0,34 | 0,50 | 0,19 |
| *За все периоды:* | | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,34 | 0,68 | 0,16 |

*Примечания к табл. 3-4:* название метеостанции, её географические координаты, высотный уровень по Балтийской системе и её международный номер в системе ВМО для всех таблиц приводится в соответствии с порядковым номером на карте (в кружках) рис. 1; анализируемые значимые (достоверные) коэфф. корреляции (и другие показатели) выделены жирным шрифтом; серый тон ячейки табл. отмечает отрицательные значения показателей (для значимых коэфф. корреляции, ОКИ и др.), отражающих тренд снижения (количества осадков или температуры воздуха) в многолетнем аспекте.

Таблица 4

**Модуль изменения средних температур воздуха (в °С) по тренду за многолетний период (с момента открытия станции по 2013 г.) в бассейне Амура и для трех метеостанций сибирского (Ленского) бассейна (Алдан № 1, Канку № 9 и Токо № 18)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Период времени*  *в месяцах* | *Метеорологические станции* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | *Всего* | | |
| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* | *7* | *8* | *9* | *10* | *11* | *12* | *13* | *14* | *15* | *16* | *17* | *18* | *19* | *20* | *21* | *22* | *ср.* | *макс.* | *мин.* |
| Годовое (1-12) | **1,1** | **1,5** | **2,0** | **1,7** | **1,7** | **1,2** | **1,5** | **1,6** | **1,8** | **2,6** | **2,1** | **1,0** | **1,7** | **1,5** | **1,1** | **1,8** | **2,1** | **2,1** | **1,6** | **2,3** | **1,3** | **1,9** | **1,7** | **2,6** | **1,0** |
| Тепл. п. (4-9) | **0,8** | **1,5** | **1,5** | **1,4** | **1,2** | - | **1,1** | **1,6** | **1,6** | **1,8** | **1,0** | **0,7** | **0,8** | **1,3** | **1,0** | **1,4** | **1,5** | **1,8** | **1,0** | **1,2** | **0,8** | **1,5** | **1,3** | **1,8** | **0,7** |
| Холод. п. (1-3; 10-12) | **1,3** | **1,6** | **2,1** | **2,1** | **2,3** | **2,0** | **1,8** | **1,6** | **1,9** | **3,2** | **3,1** | **1,1** | **2,7** | **1,7** | **1,2** | **2,2** | **2,6** | **2,4** | **2,2** | **3,0** | **1,3** | **2,3** | **2,1** | **3,2** | **1,1** |
| Тепл.п. (4-10) | **0,7** | **1,3** | **1,6** | **1,4** | **1,1** | - | **1,0** | **1,6** | **1,6** | **1,8** | **1,0** | **0,8** | **0,7** | **1,3** | **1,1** | **1,4** | **1,4** | **1,8** | **0,9** | **1,3** | **0,8** | **1,4** | **1,2** | **1,8** | **0,7** |
| Холод. п. (1-3; 11-12) | **1,7** | **1,9** | **2,0** | **2,2** | **2,7** | **2,2** | **2,1** | **1,7** | **2,1** | **3,5** | **3,6** | **1,2** | **3,1** | **1,8** | **1,1** | **2,4** | **3,0** | **2,6** | **2,7** | **3,5** | **1,4** | **2,9** | **2,3** | **3,6** | **1,1** |
| Тепл. п. (5-10) | - | **1,0** | **1,4** | **1,4** | **0,9** | - | **0,9** | **1,7** | **1,3** | **1,7** | **0,7** | **0,7** | **0,5** | **1,3** | **1,3** | **1,3** | **1,3** | **1,6** | **0,6** | **1,1** | **0,6** | **1,2** | **1,1** | **1,7** | **0,5** |
| Холод. п. (1-4; 11-12) | **1,8** | **2,1** | **2,0** | **2,1** | **2,6** | **2,0** | **2,0** | **1,5** | **2,3** | **3,2** | **3,4** | **1,1** | **3,0** | **1,7** | - | **2,3** | **2,8** | **2,7** | **2,7** | **3,4** | **1,4** | **2,8** | **2,3** | **3,4** | **1,1** |
| Весна (3-5) | **2,1** | **2,9** | **2,7** | **1,6** | **1,8** | **2,3** | **2,0** | **1,5** | **2,8** | **2,4** | **2,8** | **1,2** | **2,2** | **1,3** | - | **2,1** | **2,4** | **3,1** | **2,7** | **2,7** | **1,8** | **2,6** | **2,2** | **3,1** | **1,2** |
| Лето (6-8) | - | **1,0** | **0,9** | **1,3** | **1,0** | - | **0,7** | **1,8** | **1,0** | **1,8** | - | - | - | **1,2** | **1,4** | **1,3** | **1,2** | **1,6** | **0,5** | **0,9** | - | **1,4** | **1,2** | **1,8** | **0,5** |
| Осень (9-11) | - | **0,6** | **1,6** | **1,5** | **1,0** | **1,1** | **1,0** | **1,5** | **1,2** | **2,1** | **1,3** | **0,9** | **1,0** | **1,5** | **1,8** | **1,6** | **1,5** | - | **0,5** | **1,3** | - | - | **1,3** | **2,1** | **0,5** |
| Зима (1-2; 12) | **1,7** | **1,8** | **1,8** | **2,5** | **3,2** | **2,3** | **2,2** | **1,6** | **2,0** | **3,7** | **3,7** | **1,3** | **3,3** | **2,0** | **1,2** | **2,3** | **3,1** | **3,2** | **2,8** | **3,5** | **1,7** | **3,4** | **2,5** | **3,7** | **1,2** |
| *За все периоды:* | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | **1,8** | **3,7** | **0,5** |

Таблица 5

**Относительный коэффициент изменений (ОКИ1, %) динамики средних температур воздуха за многолетний период в бассейне Амура и для трех**

**метеостанций сибирского (Ленского) бассейна (Алдан № 1, Канку № 9 и Токо № 18)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Период времени*  *в месяцах* | | *Метеорологические станции* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | *Всего* | | | |
| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | | *6* | | *7* | | *8* | | *9* | *10* | | *11* | | *12* | | *13* | | *14* | *15* | | *16* | | *17* | | *18* | | *19* | *20* | | *21* | | *22* | | | *ср.* | *макс.* | *мин.* | |
| **Годовое (1-12)** | | **24** | **35** | **40** | **45** | **33** | | **24** | | **39** | | **38** | | **37** | **53** | | **39** | | **27** | | **33** | | **37** | **26** | | **40** | | **47** | | **40** | | **36** | **51** | | **26** | | **39** | | | **27** | **48** | **16** | |
| **Тепл. п. (4-9)** | | **23** | **53** | **36** | **35** | **36** | | - | | **41** | | **51** | | **42** | **58** | | **33** | | **22** | | **26** | | **45** | **28** | | **40** | | **46** | | **46** | | **32** | **38** | | **25** | | **38** | | | **20** | **35** | **12** | |
| **Холод. п. (1-3; 10-12)** | | **16** | **24** | **31** | **36** | **31** | | **25** | | **35** | | **30** | | **26** | **44** | | **37** | | **20** | | **32** | | **31** | **20** | | **29** | | **35** | | **30** | | **37** | **42** | | **20** | | **32** | | | **27** | **88** | **14** | |
| **Тепл.п. (4-10)** | | **19** | **40** | **36** | **36** | **35** | | - | | **40** | | **53** | | **41** | **63** | | **37** | | **25** | | **26** | | **47** | **33** | | **39** | | **45** | | **47** | | **29** | **39** | | **24** | | **34** | | | **22** | **43** | **13** | |
| **Холод. п. (1-3; 11-12)** | | **19** | **26** | **23** | **34** | **31** | | **24** | | **34** | | **26** | | **26** | **43** | | **37** | | **18** | | **32** | | **29** | **18** | | **29** | | **37** | | **30** | | **37** | **40** | | **19** | | **36** | | | **30** | **80** | **14** | |
| **Тепл. п. (5-10)** | | - | **31** | **33** | **36** | **26** | | - | | **35** | | **57** | | **32** | **58** | | **29** | | **22** | | **17** | | **48** | **38** | | **35** | | **44** | | **40** | | **19** | **36** | | **20** | | **30** | | | **26** | **38** | **13** | |
| **Холод. п. (1-4; 11-12)** | | **22** | **31** | **23** | **36** | **34** | | **25** | | **38** | | **26** | | **30** | **44** | | **39** | | **20** | | **34** | | **29** | - | | **30** | | **40** | | **34** | | **38** | **45** | | **21** | | **38** | | | **29** | **86** | **15** | |
| **Весна(3-5)** | | **26** | **33** | **34** | **30** | **28** | | **33** | | **31** | | **24** | | **37** | **35** | | **35** | | **20** | | **30** | | **22** | - | | **29** | | **36** | | **41** | | **38** | **38** | | **26** | | **39** | | | **27** | **42** | **14** | |
| **Лето(6-8)** | | - | **25** | **20** | **30** | **16** | | - | | **20** | | **41** | | **17** | **44** | | - | | - | | - | | **38** | **30** | | **30** | | **33** | | **33** | | **14** | **22** | | - | | **27** | | | **16** | **20** | **13** | |
| **Осень(9-11)** | | - | **14** | **22** | **30** | **16** | | **24** | | **25** | | **36** | | **20** | **42** | | **26** | | **21** | | **19** | | **37** | **41** | | **33** | | **31** | | - | | **8** | **26** | | - | | - | | | **23** | **40** | **12** | |
| **Зима(1-2; 12)** | | **15** | **19** | **17** | **29** | **31** | | **23** | | **26** | | **20** | | **18** | **38** | | **31** | | **16** | | **28** | | **21** | **16** | | **22** | | **35** | | **29** | | **29** | **36** | | **18** | | **33** | | | **26** | **47** | **13** | |
| **За все периоды:** | | |  |  |  |  | |  | |  | |  | |  |  | |  | |  | |  | |  |  | |  | |  | |  | |  |  | |  | |  | | | **26** | **88** | **12** | |
| *Примечание:* Градация ОКИ по величине значения: | | | | | |  | |  | | - | | 0-14%, | | |  | |  | | - | | 15-30%, | | |  | |  | | - | | 31-50%, | | |  | |  | | - | 51-100%. | | | |

В работе принималось традиционное российское деление бассейна Амура на: верхний Амур – до [Благовещенска](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%BB%D0%B0%D0%B3%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D1%89%D0%B5%D0%BD%D1%81%D0%BA); средний Амур – от Благовещенска до [Хабаровска](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D0%B0%D0%B1%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%81%D0%BA) и нижний Амур – ниже Хабаровска.

**Многолетняя динамика атмосферных осадков и температуры воздуха**

**Для суммарных атмосферных осадков**величины значимых коэффициентов корреляции для всех 22-х анализируемых станций лежат в пределах от -0,56 (холодное полугодие – 1-4, 11-12 месяцы) в Солекуле ) до +0,68 (холодное полугодие – 1-4, 11-12 месяцы) в Алдане), а значения фактических изменений колеблются в пределах от 6 мм (для зимы в Чекунде до 297 мм (за год для Алдана; здесь и далее учитываются изменения величин параметров только при значимых коэффициентах корреляции; см. табл. 3). Следует отметить, что для всех метеостанций были выявлены достоверные тренды многолетних изменений суммарных атмосферных осадков за год или за различные полугодия и сезоны года. Из 242 анализируемых трендов значимые изменения установлены в 56% случаев. Большая часть установленных трендов имеет положительный знак (83% от всех установленных трендов).

Анализ трендов по полугодиям и сезонам года показал, что основная тенденция в многолетнем изменении суммарных атмосферных осадков в бассейне Амура связана не столько с их увеличением в целом за год, сколько в большей степени с их перераспределением в общем годовом цикле.

Принимая во внимание, что отрицательных трендов очень мало, рассмотрим абсолютные значения только увеличения поступления суммарных атмосферных осадков в многолетнем аспекте всреднем по всем 22-м анализируемым станциям. Так, увеличение суммарного количества осадков летом и осенью почти не наблюдалось, а общее годовое увеличение осадков за год и в весенний сезон отмечалось менее чем для половины станций. В тоже время в холодный период повышение осадков отмечалось абсолютно для всех станций в одно из холодных полугодий или зимой.

Анализ показал, что основной тенденцией в многолетнем изменении суммарных атмосферных осадков является их перераспределение в годовом цикле с повсеместной тенденцией к увеличению в холодные полугодия и зимой. При этом, для всех метеостанций основной тенденцией в сезонном перераспределении осадков является их безусловное повышение зимой, а для бассейна (Лены) и верхнего Амура также в теплый период (весной, летом и осенью, а также в теплое полугодие). При этом повышение выпадения осадков в теплый период в 2-2,5 раза больше по абсолютным значениям, чем в холодный период. В тоже время для бассейна среднего и нижнего Амура проявляется тенденция снижения выпадения атмосферных осадков в теплое время года (в теплые полугодия, летом и осенью).

Анализ *относительных коэффициентов изменений (ОКИ)* многолетнего распределения суммарных атмосферных осадков (совокупно /годовых, полугодовых и сезонных) в бассейне Амура показал, что значимые достоверные изменения произошли в 56% случаев от общего кол-ва анализируемых кривых для всех 22-х станций и в 54% случаев для метеостанций бассейна Амура. При этом основная доля (83% от всех достоверных трендов и 80% для трендов только бассейна Амура) этих изменений (этого ОКИ) относятся к положительным, т.е. связаны с увеличением выпадения атмосферных осадков. Большая доля ОКИ (69% от всех установленных положительных изменений 72% для бассейна Амура) лежит в пределах 15-30%. Минимальные и максимальные значения ОКИ составляют 8% и 5% соответственно (10% и 3% для бассейна Амура) от установленных положительных трендов изменения осадков.

Сравнивая произошедшие изменения с многолетними средними значениями суммарных атмосферных осадков за разные временные периоды следует отметить, что всреднем для всех станций за все периоды изменения по тренду достигли в настоящее время 38% от значений их многолетних средних. При этом, максимальные положительные по доле изменения произошли в зимний сезон – на 58% всреднем по всем 14 станциям, на которых они были зафиксированы; в основное холодное полугодие (1-3, 10-12) современные изменения осадков достигли всреднем для 20 станций 37% от их многолетних средних значений; в альтернативное холодное полугодие (1-3, 11-12) изменения осадков всреднем по 18 станциям достигли 48% от их многолетних средних значений. Таким образом, изменения в холодное полугодие, хотя и менее существенны по абсолютным значениям, но более стабильны и достигают по величине от одной трети до половины от среднемноголетних значений.

Таким образом, можно сказать, что для бассейна Амура характерна тенденция увеличения выпадения атмосферных осадков, наиболее постоянна она для холодных периодов. При этом для бассейна верхнего Амура характерна также тенденция увеличения выпадения осадков в теплый период, которая по значениям изменений выше в 2-2.5 раза по сравнению с увеличением их в холодный период. При этом наблюдающееся повышение в выпадении атмосферных осадков всреднем по всем периодам и станциям происходит на величину от одной трети до половины от возможных.

Для **средних температур воздуха**(среднегодовых, средних для различных холодных/теплых полугодий, а также весеннего, летнего, осеннего и зимнего сезонов года) величины значимых коэффициентов корреляции (как для всех 22-х анализируемых метеостанций, так и только для 19-и метеостанций бассейна Амура) лежат в пределах от +0,16 (осенний сезон в Хабаровске до +0,74 (теплое полугодие (4-10 месяцы) в Константиновке), т.е. все они положительные. При этом значимое повышение средних значений температур воздуха зафиксировано от 0,5°С (осень и лето в Хабаровске) до 3,7°С (зима в Константиновке и Мазаново; см. табл. 4), а всреднем для всех анализируемых временных периодов (для всех 22 станций и только для 19 бассейна Амура) – на 1,8°С.

Для всех анализируемых метеостанций в многолетнем распределении средней температуры воздуха (среднегодовой, средней по полугодиям, а также по отдельным сезонам года) установлены только положительные достоверные тренды. Отрицательные значения отсутствуют даже для незначимых коэффициентов корреляции. Из 242 анализируемых трендов изменений средних температур воздуха достоверные изменения не выявлены лишь для отдельных сезонов некоторых станций (см. табл. 4). Таким образом, пока не отмечены достоверные изменения для 6 станций летом, для 4 станций осенью, для 1 станции весной, для теплых полугодий: по 1-ой станции для двух разных полугодий (4-9 месяцы и 4-10 месяцы) и для 2-х станций третьего альтернативного теплого полугодия (5-10 месяцы) из всех взятых для анализа данных 22 метеорологичеких станций.

Таким образом, преобладающей тенденцией в многолетнем распределении средних температур воздуха в бассейне Амура является стабильное повышение среднегодовых значений температуры воздуха (в среднем по всем станциям r=+0,52 и по бассейну Амура r=+0,53) от +0,34 (Верхняя Томь) до +0,69 (в Константиновке), что соответствует повышению среднегодовых температур воздуха от 1,0°С (мин.) до 2,6°С (макс.; равно как и для бассейна Амура), а в среднем по всем станциям и по бассейну Амура – на 1,7°С (см. табл. 4). Такое потепление происходит за счет повышения температуры воздуха как в холодные (абсолютно по всем станциям для всех холодных полугодий r лежит в пределах от +0,23 до +0,58, в среднем +0,42), так и в теплые полугодия (в среднем по всем станциям для всех теплых полугодий r=0,48, т.е. от +0,24 до +0,74). При этом фактическое повышение средней температуры воздуха в среднем по всем 22-м анализируемым метеостанциям составило (табл. 4): за основные теплое (4-9) и холодное полугодие (1-3; 10-12) – на 1,3°С (от 0,7°С до 1,8°С) и на 2,1°С (от 1,1°С до 3,2°С) соответственно (почти также, как и для бассейна Амура, где чуть меньшие изменения произошли в среднем за теплое полугодие – на 1,2°С); за одно из альтернативных теплых (4-10) и холодных (1-3; 11-12) полугодий – на 1,2°С (от 0,7°С до 1,8°С) и на 2,3°С (от 1,1°С до 3,6°С) соответственно (для бассейна Амура чуть теплее в среднем изменения только для холодного полугодия – на 2,4°С); за другие альтернативные теплое (5-10) и холодное (1-4; 11-12) полугодие – на 1,1°С (от 0,5°С до 1,7°С) и на 2,3°С (от 1,1°С до 3,4°С) соответственно (равно как и для бассейна Амура); за весну (3-5) – на 2,2°С (от 1,2°С до 3,1°С; почти также как и для бассейна Амура, где максимум достиг 2,9°С); за лето (6-8) – на 1,2°С (от 0,5°С до 1,8°С; аналогично для бассейна Амура); за осень (9-11) – на 1,3°С (от 0,5°С до 2,1°С; аналогично для бассейна Амура); за зиму (1-2, 12) – на 2,5°С (от 1,2°С до 3,7°С; аналогично для бассейна Амура).

Таким образом, установлена основная тенденция повышения среднегодовой температуры воздуха в бассейне Амура, которая происходит как за счет холодного полугодия, так и за счет теплого полугодия. При этом увеличение температур в холодное полугодие по абсолютным значениям в два раза больше, чем в теплое полугодие (табл. 4). Повышение средних температур воздуха происходит также во все сезоны года, однако, основная доля их приходится на зимний (на 2,5°С, от 1,2°С до 3,7°С) и весенний (на 2,2°С, от 1,2°С до 3,1°С) сезоны, поскольку летом и осенью повышение средних температур в два раза ниже – только на 1,2°С и 1,3°С (от 0,5°С до 1,8°С летом и от 0,5°С до 2,1°С – осенью; см. табл. 4).

Анализ *относительных коэффициентов изменений* *(ОКИ) средних температур* воздуха (совокупно /годовых, полугодовых и сезонных) в бассейне Амура (табл. 5) показал, что значимые достоверные изменения произошли в 94% случаев, как от общего кол-ва анализируемых кривых, так и только для бассейна Амура. При этом более половины (50,4% от всех установленных достоверных трендов и 51% от трендов для бассейна Амура) этих изменений (этого ОКИ) лежат в пределах 31-50% от амплитуды, а 44% от всех установленных трендов (и 43% от трендов только для бассейна Амура) имеют изменения в пределах 15-30% от амплитуды. Минимальных значений ОКИ (изменения менее 15% от амплитуды) практически нет (1,3% и 1% случаев от всех трендов и только для бассейна Амура), максимальных ОКИ (изменения более 50% от амплитуды) также мало (4,0% и 5% соответственно). Таким образом, можно сказать, что повышение средних температур воздуха здесь, безусловно, и повсеместно как для общего годового цикла (для 100% станций), так и для отдельных периодов и сезонов года (для 73-100% станций), а значения этих изменений достигают в общем от одной трети до половины от возможных.

Для **абсолютных минимальных температур воздуха** (холодных/теплых полугодий, весны, лета, осени и зимы) из всех 154 анализируемых кривых (для 7-и периодов 22-х метеостанций) только в 54% случаев зафиксированы достоверные тренды их многолетних изменений, во всех остальных случаях установленные коэффициенты корреляции недостоверны, поэтому считалось, что изменений в настоящее время не зафиксировано. Для бассейна Амура все выявленные изменения положительные. Для 15 метеостанций изменения абсолютной минимальной температуры воздуха зафиксированы одновременно как в холодный период (год, полугодия, зима), так и в теплые полугодия. Для оставшихся 6-и метеостанций изменения произошли в теплые полугодия и теплые сезоны года, например, летом (Верхняя Томь, Елабуга, Нижнетамбовское), осенью (Елабуга, Смидович, Хабаровск) или весной (Софийский прииск).

При этом фактическое повышение абсолютной минимальной температуры воздуха в среднем по всем 22-м анализируемым метеостанциям произошло: в целом за год (1-12), а также за зиму (1-2, 12) и все холодные полугодия (1-3, 10-12; 1-3, 11-12 и 1-4, 11-12) – на 3,7°С (от 1,8°С до 6,5°С; а для бассейна Амура в среднем – на 4,0°С); за весну (3-5) – на 4,2°С (от 2,2°С до 8,0°С; аналогично для бассейна Амура); за лето (6-8) – на 2,0°С (от 1,3°С до 3,3°С; аналогично для бассейна Амура); за осень (9-11) – на 3,8°С (от 2,3°С до 5,4°С; аналогично для бассейна Амура).

Таким образом, для территории бассейна Амура основной тенденцией является повышение абсолютных минимальных температур воздуха в годовом цикле за счет зимы и холодного полугодия, одновременно с их повышением в теплые сезоны и полугодия, что само по себе очень хорошо, поскольку климат долин рек Приамурья отличается большей контрастностью и более низкими абсолютными минимумами с более высокими абсолютными максимумами по сравнению с окружающими водораздельными пространствами. Более слабой – дополнительной (неосновной) тенденцией является повышение абсолютных минимальных температур воздуха только в теплые сезоны и полугодия.

Анализ *относительных коэффициентов изменений* *(ОКИ) абсолютных минимальных* температур воздуха (совокупно /годовых, полугодовых и сезонных) в бассейне Амура показал, что значимые достоверные изменения абсолютных минимальных температур, произошли в 54% случаев от общего кол-ва анализируемых кривых и в 59% случаев для бассейна Амура. При этом пока основная доля (70% от всех установленных достоверных трендов и 83% трендов для бассейна Амура) этих изменений (этого ОКИ) лежат в пределах 15-30%. Минимальных (1-14%) и максимальных (50-100%) значений ОКИ очень мало – 4 и 1% случаев от всех установленных изменений соответственно и 3 и 1% случаев только для бассейна Амура. Невелика также доля средних изменений ОКИ (31-50%) – 12% случаев для всех 22 станций и 13% случаев для бассейна Амура (для 19 станций). Таким образом, можно сказать, что повышение абсолютных минимальных температур воздуха в данном регионе распространено повсеместно, хотя пока оно не очень велико по своей доле, поскольку изменения составляют до одной трети от возможных. В тоже время абсолютные значения изменений (в °С) абсолютной минимальной температуры воздуха достаточно велики, причем наибольшие из них происходят весной, а наименьшие – летом.

Для **абсолютных максимальных температур воздуха** (холодных/теплых полугодий, весны, лета, осени и зимы в многолетней динамике по полугодиям и сезонам года на территории бассейна Амура установлена самая меньшая доля изменений из всех анализируемых метеорологических характеристик.

При этом, самой сильной тенденцией в изменении абсолютных максимальных температур воздуха следует назвать их повышение весной (для 19-и метеостанций из 22-х, а в бассейне Амура для 16 метеостанций из 19-и). Кроме того, очень значительна и тенденция повышения абсолютных максимальных температур летом (в 68% случаев для всех метеостанций и в 74% случаев только для бассейна Амура), а также во все теплые полугодия, которая сопровождается одновременным повышением абсолютных максимальных температур зимой и в холодные полугодия (в 59% случаев для бассейна Амура). И только для одной метеостанции (Солекуль) не установлено значимых достоверных трендов ни в один из семи анализируемых периодов.

Фактическое повышение абсолютной максимальной температуры воздуха для установленных трендов составляет для всех 22-х станций: летом (т.е. за год и во все теплые полугодия) – на 2,1°С (от 1,2°С до 3,4°С; только для бассейна Амура – на 2,0°С, от 1,2°С до 2,6°С); зимой (1-2, 12) – на 3,1°С (от 2,1°С до 5,5°С; аналогично для бассейна Амура); весной (3-5) – на 3,6°С (от 2,2°С до 6,7°С; только для бассейна Амура в среднем – на 3,5°С); осенью (9-11) – на 2,3°С (от 1,3°С до 3,2°С; аналогично для бассейна Амура); за основное холодное (1-3; 10-12) полугодие – на 2,5°С (от 2,2°С до 2,7°С; аналогично для бассейна Амура).

Анализ *ОКИ абсолютных максимальных* температур воздуха (совокупно /годовых, полугодовых и сезонных) в бассейне Амура показал, что значимые достоверные изменения произошли только в 52% случаев от общего кол-ва анализируемых кривых 22-х станций и в 55% случаев только для бассейна Амура. При этом более половины (76% от всех установленных достоверных трендов и 74% от трендов бассейна Амура) этих изменений (этого ОКИ) лежат в пределах 15-30%. На долю средних величин ОКИ (31-50%) приходится 18% и 19% случаев (от всех анализируемых достоверных изменений абсолютных максимальных температур воздуха и от трендов только для бассейна Амура). Минимальных величин ОКИ мало 6% и 5% соответственно, максимальные значения ОКИ – отсутствуют. Таким образом, можно сказать, что повышение абсолютных максимальных температур воздуха в данном регионе также стало одной из основных тенденцией в годовом цикле, хотя произошедшие изменения пока не очень значительны, составляя менее одной трети от возможных.

Для **средних минимальных температур воздуха** (холодных/теплых полугодий, весны, лета, осени и зимы) величины значимых коэффициентов корреляции лежат в пределах от +0,20 (холодное полугодие в Чекунде) до +0,78 (осень в Черняево), при этом отрицательных значений коэффициентов корреляции нет, а сами значения этих коэффициентов являются по абсолютным значениям самыми высокими по сравнению со всеми остальными анализируемыми показателями метеорологических характеристик (осадки, средние температуры, абсолютные минимальные, абсолютные максимальные, средние максимальные температуры воздуха). При этом средние минимальные температуры повысились в среднем по всем станциям: в целом за год – на 1,9°C (от 0,6° до 3,7°С; аналогично и для бассейна Амура); за основное холодное полугодие (1-3, 10-12) – на 2,5°С (от 1,3° до 4,8°С; аналогично и для бассейна Амура); за альтернативное холодное полугодие (1-3, 11-12) – на 2,8°С (от 1,4° до 5,3°С; аналогично и для бассейна Амура); за второе альтернативное холодное полугодие (1-4, 11-12) – на 2,6°С (от 1,1° до 5,1°С; аналогично и для бассейна Амура); за основное теплое полугодие (4-9) – на 1,4°С (от 0,5° до 2,9°С; аналогично и для бассейна Амура); за весну – на 2,4°С (от 1,1° до 4,7°С; чуть меньше в среднем для бассейна Амура – на 2,3°С); за лето – на 1,5°С (от 0,6° до 3,0°С; чуть меньше в среднем для бассейна Амура – на 1,4°С); за осень – на 1,6°С (от 0,9° до 2,5°С; аналогично и для бассейна Амура); за зиму – на 2,9°С (от 1,2° до 5,6°С; чуть больше в среднем для бассейна Амура – на 3,0°С).

Анализ *ОКИ средних минимальных* температур воздуха (совокупно /годовых, полугодовых и сезонных) в бассейне среднего и нижнего Амура показал, что значимые достоверные изменения произошли в 90% случаев из всех 242 анализируемых кривых и в 94% случаях для бассейна Амура. При этом слабых (в пределах 15-30%) изменений ОКИ значительно меньше, чем средних (в пределах 31-50%) – 35 и 51% случаев соответственно от всех установленных, и 36 и 48% случаев соответственно для бассейна Амура. При этом 13% случаев от всех установленных изменений (и 15% – для бассейна Амура) имеют уже очень высокие значения ОКИ (51-62%). Минимальных значений ОКИ (менее 15%) практически нет (1,0% случаев). Таким образом, можно сказать, что повышение средних минимальных температур воздуха здесь, безусловно, и повсеместно как для общего годового цикла, так и для отдельных периодов и сезонов года, а более половины от всех установленных повышений лежат в области средней (48-51% случаев) и высокой (13-15% случаев) степени изменений.

Для **средних максимальных температур воздуха** (холодных/теплых полугодий, весны, лета, осени и зимы) величины значимых коэффициентов корреляции лежат в пределах от +0,18 (зима в Бомнаке) до +0,67 (теплое полугодие (4-10) в Смидович), т.е. все коэффициенты корреляции положительны. А повышение средней максимальной температуры воздуха произошли: за годовой период для 20 метеостанций (из 22-х анализируемых) – в среднем на 1,8°С (от 0,8° до 2,6°С; аналогично в бассейне Амура для 17 станций из 19-и); для основного холодного периода (1-3, 10-12) по 18-и метеостанциям – в среднем на 2,1°С (от 1,5° до 3,2°С; аналогично в бассейне Амура для 15 станций из 19-и); для весеннего сезона по 20-и метеостанциям – в среднем на 2,3°С (от 1,2° до 3,4°С; чуть меньше в среднем для бассейне Амура – на 2,2°С для 17 станций из 19-и); для летнего сезона по 18-и метеостанциям – в среднем на 1,3°С (от 0,8° до 2,0°С; аналогично в бассейне Амура для 16 станций из 19-и); для осеннего сезона по 14-и метеостанциям – в среднем на 1,3°С (от 0,9° до 1,9°С; аналогично в бассейне Амура для 14 станций из 19-и); для зимнего сезона по 20-и метеостанциям – в среднем на 2,6°С (от 1,2° до 4,0°С; чуть меньше в среднем для бассейне Амура – на 2,5°С для 17 станций из 19-и).

Анализ *ОКИ средних* *максимальных* температур воздуха (совокупно /годовых, полугодовых и сезонных) в бассейне Амура показал, что значимые достоверные изменения произошли в 85% случаев от общего кол-ва (242) анализируемых кривых и в 84% случаев для бассейна Амура. При этом половина случаев (49% от всех и 50% для бассейна Амура) этих изменений (этого ОКИ) достигают средних величин (в пределах 31-50%). На долю слабых изменений ОКИ (в пределах 15-30%) приходится по 47% случаев соответственно. Минимальных (от 0 до 14%) и максимальных (от 51 до 57%) ОКИ мало – по 1-2% случаев. Таким образом, можно сказать, что повышение средних максимальных температур воздуха в данном регионе также стало одной из основных тенденцией в годовом цикле, а произошедшие изменения уже очень велики как по своей доле, так и по своим значениям, которые составляют около половины от возможных.

**Выводы**

Таким образом, в ходе проведенных исследований, для бассейна Амура установлены некоторые основные тенденции климатических изменений, а также оценена величина этих изменений для отдельных климатических характеристик за разные внутригодовые периоды в многолетнем аспекте.

1. Для бассейна Амура в многолетней динамике сумм атмосферных осадков, средних, абсолютных максимальных и минимальных температур воздуха установлены некоторые общие закономерности их изменений.

Основной тенденцией в многолетнем изменении *сумм атмосферных осадков* является их перераспределение в годовом цикле с единой повсеместной стабильной тенденцией к увеличению выпадения осадков в холодные полугодия и в зимний сезон. Для сибирского региона и бассейна верхнего Амура характерна также тенденция повышения выпадения атмосферных осадков в теплый период (в теплые полугодия, а также весной, летом и осенью), причем по своим абсолютным значениям это повышение в 2-2.5 раза больше, чем в холодный период. В тоже время для бассейна среднего и нижнего Амура проявляется тенденция снижения выпадения атмосферных осадков в теплое время года (в теплые полугодия, летом и осенью). В настоящее время увеличение выпадения суммарного количества осадков, как в холодное время года, так и в теплое достигает для разных станций от одной трети до половины от их среднемноголетних значений. Всреднем по всем станциям, изменения в выпадении осадков составило 38% от их среднемноголетних значений за различные временные периоды.

В изменении *средних температур воздуха* основной и единственной тенденцией является повышение среднегодовых температур воздуха за счет повышения их как в холодное, так и в теплое полугодия. При этом повышение средних температур в холодное полугодие в два раза выше, чем в теплое. В сезонном потеплении основная роль принадлежит зиме и весне (в среднем на 2,5 и 2,2°С соответственно), летом и осенью повышение средних температур воздуха в два раза ниже (в среднем на 1,2 и 1,3°С). Сходная тенденция в изменении средних температур воздуха отмечается и для всей Центральной России [6, 9]. При этом в бассейне Амура изменения средних температур воздуха уже очень значительны, более половины из всех установленных изменений достигают средних показателей (30-50%) относительного коэффициента изменений (ОКИ), т.е. изменения более чем в половине случаев уже лежат в пределах от одной трети до половины возможных.

В многолетней динамике *абсолютных минимальных температур воздуха* отмечается только их повышение. Основной тенденцией является повышение температур за счет зимы и холодного полугодия одновременно с повышением в теплые сезоны и полугодия. Более слабой – дополнительной (неосновной) тенденцией можно считать повышение абсолютных минимальных температур воздуха только в теплое время года – сезоны и полугодие. В среднем для бассейна Амура заморозки как в теплое, так и в холодное полугодие снизились приблизительно на равную величину на 3,7 и 4,0°С соответственно. Однако, в сезонном повышении абсолютных минимальных температур воздуха летние изменения (в среднем на 2,0°С) оказались в два раза меньшими, чем весенние (в среднем на 4,2°С), которые максимальны по своим значениям среди всех внутригодовых периодов. Установленные тенденции в изменении абсолютных минимальных температур воздуха очень сходны с таковыми для средних температур воздуха, однако, для абсолютных минимальных температур воздуха по собственным значениям они больше в 1.5-2 раза по сравнению с изменениями средних температур. Повышение абсолютных минимальных температур воздуха в бассейне Амура в целом распространено повсеместно, хотя и не для всех сезонов года одновременно, как в случае со средними температурами. Кроме того, выявленные изменения пока относятся к слабой степени, т.е. изменения произошли на величину до одной трети от возможных, хотя по своим абсолютным значениям они больше, чем в случае со средними температурами воздуха. Таким образом, в бассейне Амура установлено ослабление как весенних заморозков, так и зимних морозов, что, наряду с повышением среднегодовых температур воздуха, может способствовать производству с/х продукции.

В многолетней динамике *абсолютных максимальных температур воздуха* в бассейне Амура выделяется основная преобладающая повсеместно тенденция безусловного их повышения в весенний (на 3,5°С) и летний (на 2,0°С) сезоны года, что приводит к повышению абсолютных максимальных температур в теплое полугодие (на 2,8°С). В 59% случаях это сопровождается повышением абсолютных максимальных температур также зимой (на 3,1°С) и в холодное полугодие (на 3°С). При этом изменения абсолютных максимальных температур в 1,2-2 раза ниже по своим абсолютным значениям, чем повышение минимальных температур воздуха и в 1.2-1.8 раза выше по сравнению с увеличением средних температур воздуха. Выявленные изменения в многолетней динамике абсолютных максимальных температур воздуха пока не очень сильны, составляя до одной третьей от возможных, а сами эти изменения пока не затронули все сезоны года одновременно, как это имеет место со средними температурами воздуха.

В многолетней динамике *средних минимальных температур воздуха* отмечается только их безусловное повышение для всех внутригодовых периодов одновременно, также как и для средних температур воздуха. Однако, для общего годового цикла (на 1,9°С), для холодного полугодия (на 2,6°С), зимнего (на 3,0°С) и весеннего (на 2,3°С) сезонов года эти изменения в бассейне Амура по своим абсолютным значениям в 1.5-2 раза выше, чем для теплого полугодия (на 1,0°С), лета (на 1,4°С) и осени (на 1,6°С). В более половине случаев (63%) выявленные значимые повышения средних минимальных температур воздуха в бассейне Амура (по 19-и станциям и 11 временным периодам) лежат уже в области средних и высоких величин ОКИ, которые отражают изменения от 30 до 62% от возможных.

В многолетней динамике *средних максимальных температур воздуха* также отмечается основная тенденция их повышения для всех внутригодовых периодов одновременно, равно как для средних и средних минимальных температур воздуха. Здесь также как и для средних минимальных температур воздуха, абсолютные значения изменений для холодного полугодия, зимнего и весеннего сезонов в 1,5-2 раза выше, чем для теплого полугодия (на 1,0°С), лета (на 1,4°С) и осени (на 1,6°С). Повышение средних максимальных температур воздуха в регионе также стало ведущей тенденцией климатических изменений, наряду с таковыми для средних и средних минимальных температур воздуха. В половине случаев (по 19-и станциям и 11 временным периодам) установленные достоверные повышения средних максимальных температур воздуха уже очень значительны и достигают средних значений изменений (ОКИ), т.е. произошли на величину от одной трети до половины от возможных.

2. Анализ *относительных коэффициентов изменений* (ОКИ) многолетних метеорологических характеристик (совокупно /годовых, полугодовых и сезонных/ отдельно для сумм осадков, средней, абсолютной максимальной и минимальной температур воздуха) в бассейне Амура показал, что для большей части установленных достоверных трендов изменения достигают уже слабой и средней степени: изменения в пределах одной трети от возможных значений произошли в 72% случаев для ОКИ осадков, в 83% случаев для ОКИ абсолютных минимальных температур, в 74% случаев для ОКИ абсолютных максимальных температур; изменения в пределах от одной трети до половины от возможных значений произошли в 51% случаев для ОКИ средних температур, в 48% случаев для ОКИ средних минимальных температур и в 50% случаев для ОКИ средних максимальных температур воздуха. При этом, почти для всех рассмотренных метеорологических характеристик установлены максимальные изменения ОКИ, произошедшие более чем на половину от возможных: в 3% случаев для ОКИ осадков, в 5% случаев для ОКИ средней температуры, в 1% случаев для ОКИ абсолютных минимальных температур, в 15% случаев для ОКИ средней минимальной температуры, в 2% случаев для ОКИ средней максимальной температуры воздуха.

3. В бассейне Амура повышение средней и абсолютной минимальной температуры воздуха наряду с увеличением выпадения общего количества атмосферных осадков в холодное полугодие и зимний сезон, а также их перераспределение (увеличение увлажненности зимой и уменьшения ее летом в бассейнах нижнего и среднего Амура и увеличение осадков летом в верховьях Амура) способствует изменению сложившихся почвенно-грунтовых условий не только в поймах, но и на водораздельных территориях. Эти совокупные изменения приводят к стабилизации и подъему уровня грунтовых вод, заболачиванию и увеличению глееобразования в почвенном профиле, что может привести к сокращению ареалов распространения естественной эндемичной пойменной древесно-кустарниковой растительности Дальнего Востока. В тоже время потепление, сопровождающееся повышением иссушения в вегетационный период в средней и нижней частях бассейна Амура, наряду со строительством новых ГЭС может привести к полному обсыханию верхних уровней поймы, а также к существенному изменению экосистем среднего уровня поймы.

4. Климатические изменения в бассейне Амура имеют как общие, так и отличительные черты с таковыми для всей России [5, 6, 9]. При этом, если в изменении средних, максимальных и минимальных температур очень много общего, то в изменении увлажнения больше отличий.

**Литература**

1. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Техническое резюме. – М.: Росгидромет, 2009. – 89 с.

2. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и и их последствиях на территории Российской Федерации. Техническое резюме. – М.: Росгидромет, 2014. – 93 c.

3. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении. – М.: МГУ, 1995. – 320 с.

4. Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. Гидрологические основы управления речным стоком. М.: Наука, 1981. – 255 с.

5. Кузьмина Ж.В. Анализ многолетних метеорологических трендов на Юге России и Украины (от лесостепи до пустынь) // Аридные экосистемы, 2007. Т. 13. № 32. – С. 53-67.

6. Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. Изменения основных метеорологических характеристик на юге Европейской части России / Глобальные изменения климата и прогноз рисков в сельском хозяйстве / Ред. А.Л. Иванов, В.И. Кирюшин. – М.: Россельхозакадемия, 2009. – C. 402-416.

7. Климатическое районирование. Атлас СССР. – М.: ГУ ГиК при Совмине CCCР, 1984. – С. 98.

8. Хромов С.П. Метеорология и климатология для географических факультетов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1983. – 455 с.

9. Кузьмина Ж.В., Каримова Т.Ю., Трешкин С.Е., Феодоритов В.М. Влияние климатических изменений и зарегулирования речного стока на динамику растительности долин рек // Использование и охрана природных ресурсов в России, 2011. № 2 (116). С. 34-40.

*Сведения об авторах:*

Кузьмина Жанна Вадимовна, доктор географических наук, заведующая лабораторией**,** Институт водных проблем РАН, 119333, Москва, ул. Губкина, 3, е-mail: [jannaKV@yandex.ru](mailto:jannaKV@yandex.ru)

Трешкин Сергей Евгеньевич, доктор сельскохозяйственных наук, начальник отдела координации деятельности

учреждений в сфере земледелия и механизации Управления координации и обеспечения деятельности организаций в сфере сельскохозяйственных наук Федерального агентства научных организаций, 119334, г. Москва, Ленинский проспект, д. 32а, тел./факс +7 (499) 215-38-15, моб. +7 916 664-29-37, е-mail: biost[@yandex.ru](mailto:jannaKV@yandex.ru)

**РЕКРЕАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ И ООПТ**

УДК 502.5 (571.16)

**Биоразнообразие и редкие виды растений ООПТ таежной зоны Западной Сибири**

*Н.М. Семенова, к.г.н., И.И. Волкова, к.б.н., В.П. Амельченко, к.б.н., И.В. Волков, к.б.н.*

*Томский государственный университет*

Приводятся данные о ботаническом разнообразии отдельных ООПТ таежной зоны Западной Сибири (в границах Томской области), созданных в разных ландшафтно-географических и административно-хозяйственных условиях. Дан анализ распространения и состояния отдельных видов семейств *Orchidaceae, Ericaceae, Cupressaceae, Tiliaceae и Lamiaceae*, зарегистрированных при исследовании ООПТ областного значения. Приводятся краткие видовые очерки и рассматриваются места находок 6 видов растений (ятрышник шлемоносный, ятрышник Фукса, можжевельник обыкновенный, водяника, липа сердцелистная, чистец лесной), имеющих разный природоохранный статус в исследуемом регионе.

*Ключевые слова*: биоразнообразие, тайга, болота, особо охраняемые природные территории, Западная Сибирь.

При создании ООПТ в лесной зоне Западной Сибири и лежащих к северу от нее обширных территориях цель сохранения ботанического биоразнообразия по большому счету не ставилась. Сибирь всегда воспринималась как богатый природный регион, к традиционным ресурсам которого издавна относились и продолжают относиться промысловые звери и птицы. В этой связи первыми ООПТ на севере Западной Сибири были заказники, создаваемые для сохранения и воспроизводства ценных охотничье-промысловых ресурсов [1, 2]. Создание немногочисленных пока заповедников благоприятствовало постановке и проведению работ по инвентаризации биоразнообразия в районах их размещения [3, 4], включая изучение флоры и растительности.

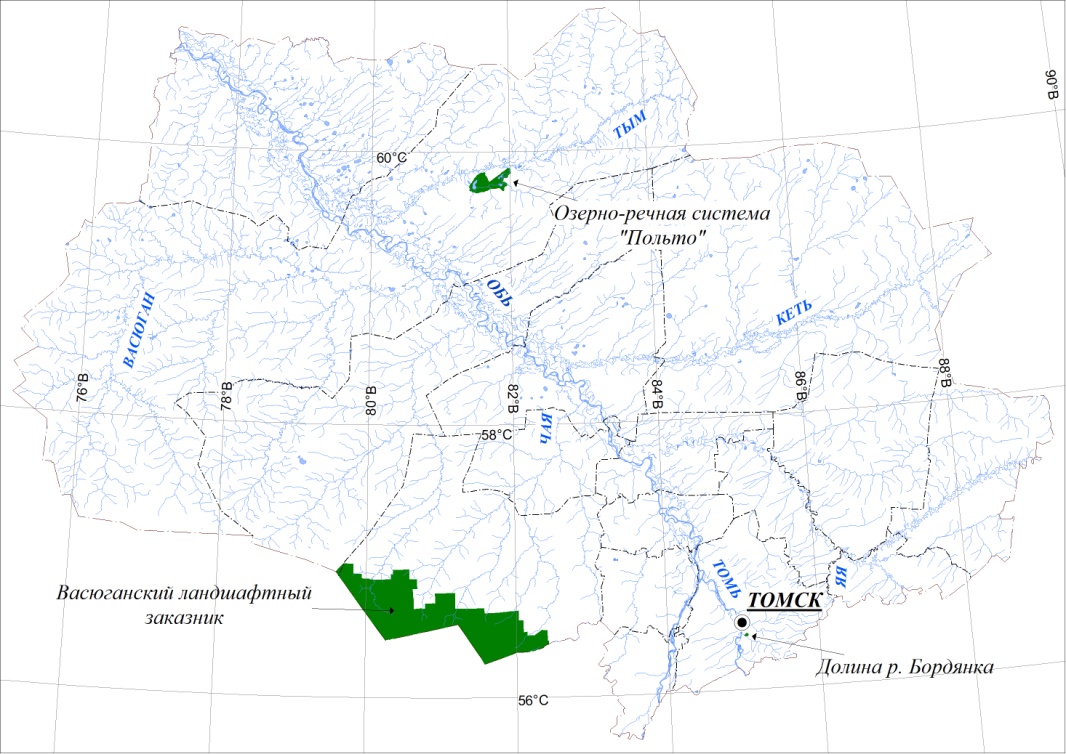
В последние годы в России большое внимание уделяется разным вопросам изучения и оценки ООПТ регионального уровня. Среди них: инвентаризация ботанического биоразнообразия, выявление редких видов и растительных сообществ.

Состояние изученности лесной зоны Западной Сибири в целом и Томской области, в частности, в отношении имеющегося здесь биоразнообразия очень неравномерно. Наиболее изучены южные и юго-восточные территории с максимальным для региона биоразнообразием и наиболее многочисленными ООПТ [5]. При этом достаточно детально рассмотрено значение специализированных ООПТ для сохранения редких и исчезающих видов растений лишь в отношении представителей степных сообществ, находящихся на северном пределе их распространения в Западной Сибири [6].

Менее изучены труднодоступные северные территории, удаленные от крупных населенных пунктов и основных транспортных магистралей. ООПТ здесь единичны, но, как правило, характеризуются весьма внушительными размерами, что сопряжено с дополнительными трудностями по их детальному исследованию [5]. Примером наиболее полной флористической сводки для северной части Томской области являются данные по локальной флоре озерно-речной системы «Польто» в бассейне р. Тым, опубликованные А.И. Пяком [7] по результатам обследования одноименной ООПТ областного значения.

Объекты исследования – ООПТ, расположенные в разных природных и административных районах Томской области. Предмет исследования – анализ их участия в сохранении ботанического разнообразия типичных лесных и болотных ландшафтов западно-сибирской тайги. Исходные данные для выполнения анализа получены в процессе комплексного экологического обследования ООПТ, расположенных как в северной, относительно мало нарушенной, так и в южной, наиболее хозяйственно освоенной, частях области (*рис. 1*), в т.ч.: в правобережье бассейна р. Чаи (Чаинский район); в среднем течении р. Васюган (Каргасокский район); в среднем Причулымье (Асиновский район); на западном макросклоне Томь-Яйского междуречья (Томск, его окрестности и Томский район).

В работе не учитывались результаты исследований ООПТ, расположенных в долинах крупных рек на крайнем юге области, с наиболее высоким для данного региона биоразнообразием [5, 6]. При оценке ботанического биоразнообразия ООПТ и анализе распределения на территории области рассмотренных в работе видов растений использовались данные, собранные в процессе работы по обоснованию создания Васюганского ландшафтного заказника в северо-восточной части Большого Васюганского болота на Обь-Иртышском водоразделе [8].



*Рис. 1.* **Район исследований**

Полевые исследования выполнялись в 2008-2015 гг. Определение гербарных сборов производилось с использованием многотомного издания «Флора Сибири» (1987-1997) и фондов Гербария Томского госуниверситета им. П.Н. Крылова. Анализ редких и исчезающих видов растений, отмеченных при обследовании тех или иных охраняемых территорий, выполнялся с учетом соответствующих списков растений, внесенных в Красные книги РФ [9] и Томской области [10]. Кроме того, во внимание принимались имеющиеся рекомендации [11-13] по обеспечению особой охраны отдельных видов растений на местном уровне.

**Ботаническое биоразнообразие ООПТ лесных и болотных ландшафтов**

**Западной Сибири**

Разнообразие флоры и растительности равнинной западно-сибирской тайги относительно невелико. Причиной тому, кроме всего прочего, является монотонность рельефа и высокая заболоченность территории. Например, обширные площади отрытых омбротрофных болот, формирующих характерный облик ландшафтов междуречных пространств тайги Западной Сибири, составляют около 30% Томской области и представлены крайне бедными растительными сообществами. Их видовое разнообразие могут составлять всего от 9 до 19-21 видов сосудистых растений [14] при господстве сфагновых мхов и представителей в сущности немногочисленных в регионе видов семейства *Ericaceae*.

В то же время на юге области сочетание лесных и болотных экосистем даже на весьма ограниченной площади может давать достаточно высокие показатели ботанического биоразнообразия. Так, при обследовании нами одной из ООПТ в пригородной зоне Томска на площади всего около 150 га было зарегистрировано 230 видов сосудистых растений, из которых 23 вида являются редкими и уникальными и заслуживают особой охраны в местах естественного произрастания [15].

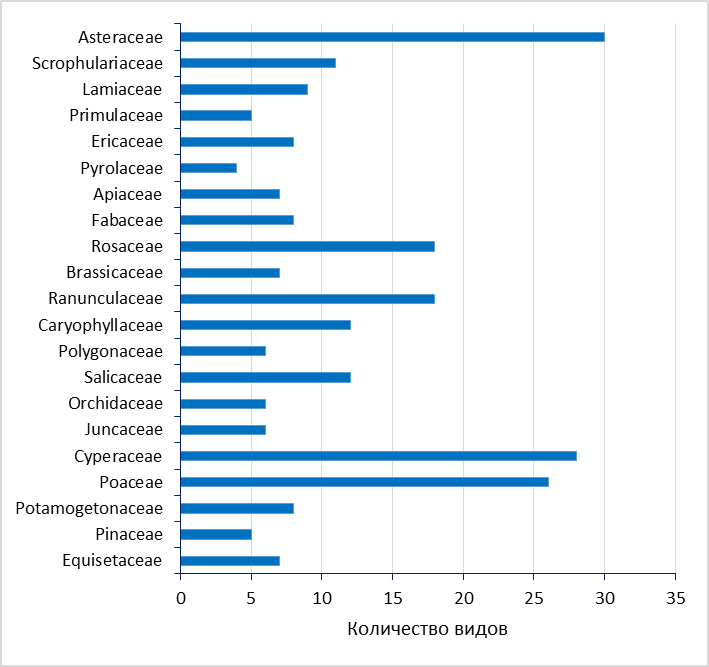
Высокие показатели биоразнообразия ООПТ, создаваемых в лесоболотных ландшафтах на севере региона, могут обеспечиваться двумя путями: 1) за счет включения значительных по своим размерам относительно однородных природных участков; 2) при размещении в более разнообразных ландшафтно-географических условиях. В этой связи рассмотрим два весьма показательных примера.

Так, список растений в районе размещения Васюганского ландшафтного заказника, созданного на границе Томской и Новосибирской областей для сохранения типичных ландшафтов осевой части сильно заболоченного междуречья р. Оби и р. Иртыша и их биоразнообразия, по предварительным оценкам, насчитывал 242 вида, включая сосудистые растения (123 вида), листостебельные мхи (89 видов) и печеночники (30 видов) [8]. Площадь рассматриваемой ООПТ составляет более 500 тыс. га.

Другим примером является озерно-речная система «Польто» – уникальный природный объект Томского Севера, перспективный для включения в российский список Рамсарских угодий международного значения [16]. Она представляет собой комплекс остаточных озер, объединенных одной рекой, сформировавшийся в постледниковое время. Эта река с названием Польта впадает с левой стороны в р. Тым – крупнейший правобережный приток р. Оби в границах территории наших исследований. Вопреки распределению господствующих отметок и уклонов поверхности регионального масштаба, течение р. Польта противоположно направлению течения р. Тым.

Список локальной флоры данной территории, составленный проф. Томского университета А.И. Пяком [7], включает 318 видов сосудистых растений, которые относятся с 196 родам и 70 семействам. Это около 30% видового разнообразия сосудистых растений, когда-либо отмечавшихся на территории Томской области [17].

Однако следует отметить, что около 70% семейств представлены всего 1-3 видами. Остальные семейства (21 семейство) насчитывают от 5 до 30 видов (*рис. 2*). Причем, наиболее многочисленными оказываются представители *Asteraceae, Cyperaceae* и *Poaceae*. Достаточно заметно участие видов из семейств *Ranunculaceae, Rosaceae*, а также *Salicaceae* и *Caryophyllaceae*. Многие виды из названных семейств имеют широкую экологическую амплитуду и участвуют в формировании биологического разнообразия разных типов ландшафтов лесной зоны Западной Сибири.



*Рис. 2.* **Количественно-видовой спектр ведущих семейств в районе озерно-речной системы «Польто» на левом берегу р. Тым** (по А.И. Пяку) **[5]**

Таким образом, концентрация биоразнообразия в суровых биоклиматических условиях северных территорий может наблюдаться при определенном сочетании разнотипных ландшафтов и местообитаний. Например, в районе р. Польта это сочетание заливных лугов, прирусловых кустарниковых зарослей, болот разного водно-минерального питания и физиономического облика, мелколиственных, сосновых, темнохвойных и смешанных лесов.

Целесообразная по экологическим и биологическим меркам площадь особо охраняемой природной территории в этом районе составляет около 25 тыс. га. По типу это может быть ландшафтный памятник природы или ландшафтный заказник.

Несмотря на относительную бедность и однообразие флоры обширных, сильно заболоченных пространств западно-сибирской тайги, в разных по видовому богатству сообществах могут присутствовать редкие и уникальные виды, обнаружение которых имеет несомненный научный, экологический и природоохранный интерес.

**Редкие виды растений ООПТ в тайге Томской области**

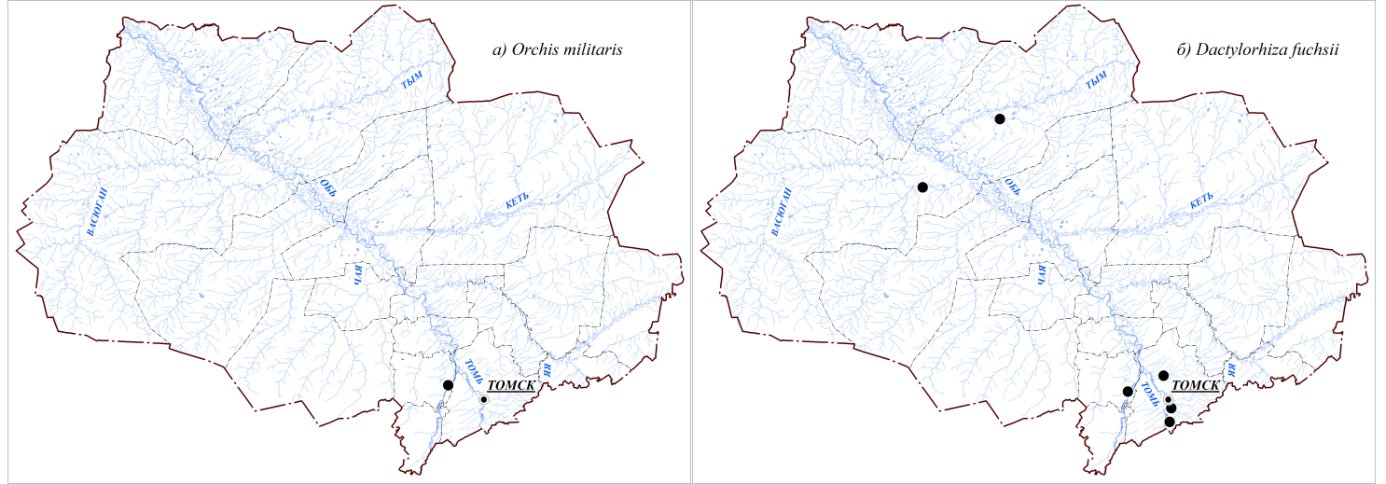
Характерные особенности состава редких элементов региональной флоры и их распределения на территории области достаточно хорошо отражают зарегистрированные нами при исследовании памятников природы и других ООПТ отдельные виды семейства орхидных (Orchidaceae), вересковых (Ericaceae), кипарисовых (*Cupressaceae*), липовых (*Tiliaceae*) и губоцветных (*Lamiaceae*).

В первую очередь остановимся на представителях семейства орхидных, которым всегда уделяется особое внимание в региональных флористических сводках и природоохранных мероприятиях по сохранению видов и сообществ. В нашем случае интерес представляет ятрышник шлемоносный (*Orchis militaris L.*) – редкий вид, обладающий государственным природоохранным статусом, а также пальчатокоренник Фукса (*Dactylorhiza fuchsii (Druce) Soó (O. fuchsii Druce*) – вид, наиболее часто встречающийся в описаниях типичных растительных сообществ в таежной зоне Западной Сибири.

**Ятрышник шлемоносный** – редкий, уязвимый вид. Внесен в Красную книгу РФ [9] и Красную книгу Томской области [10]. Обитает на опушках хвойных и смешанных лесов, на лесных полянах и сырых лугах. Встречается по берегам рек и озер, по окраинам болот. Возобновляется очень слабо клубнями. Семенное размножение в Сибири наблюдается редко [10-11].

Вид сокращает свое обилие под влиянием хозяйственной деятельности человека, связанной с прямым уничтожением и трансформацией местообитаний. Кроме того, подземные органы растения заготавливаются в качестве лекарственного сырья. Декоративные побеги привлекают внимание в период цветения.

Встречается в Томском, Кожевниковском, Кривошеинском и других районах области. В 1886 г. был отмечен П.Н. Крыловым в разреженном березняке непосредственно около корпуса Томского Императорского университета. До 1930 г. в области было зарегистрировано 40 местонахождений, в настоящее время их число резко сократилось, особенно на юге [10]. Нами вид отмечен однажды на заливных лугах обской поймы к северу от Томска (*рис. 3а*) при обследовании ООПТ в пределах Обского болота.



*Рис. 3.* **Пункты регистрации видов семейства орхидных: а) ятрышник шлемоносный,   
б) пальчатокоренник Фукса**

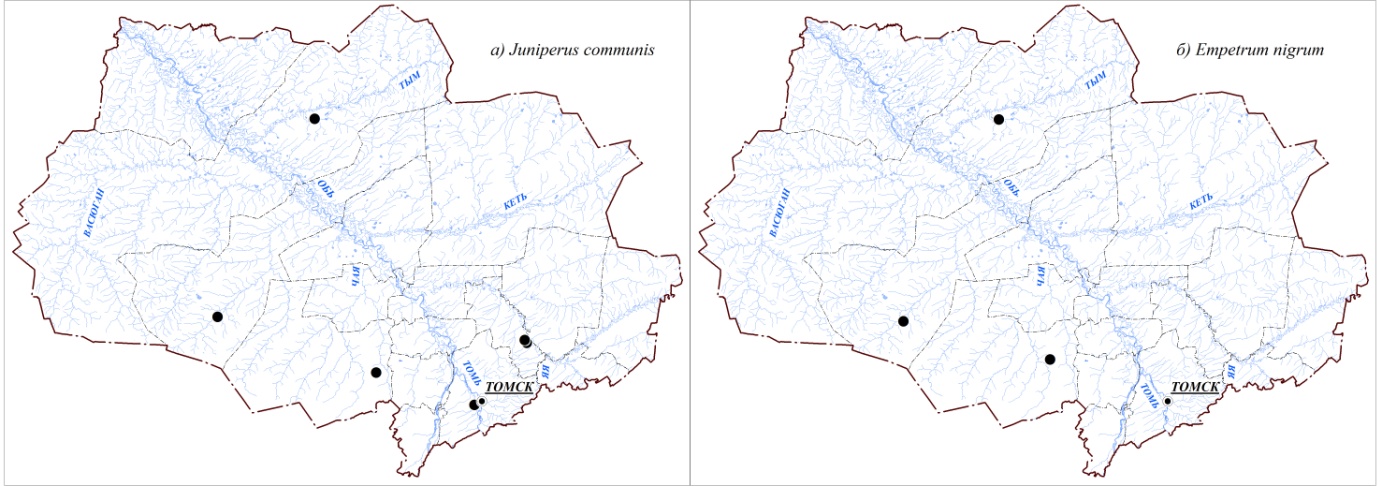
**Ятрышник Фукса** еще в 70-е гг. считался в области редким и малообильным видом [11]. В настоящее время отмечен во многих районах. Также как и предыдущий вид, привлекает внимание своей декоративностью. Обитает в сырых смешанных и березовых лесах, на лесных лугах и опушках, окраинах низинных болот. Размножение в основном вегетативное. На состояние вида в природе негативно сказывается нарушение местообитаний в связи с хозяйственным освоением территории, а также обрывание цветущих побегов и заготовка клубней для лекарственных целей.

Вид приводится в конспекте флоры озерно-речной системы «Польто» на левобережье р. Тым [5]. Примерно на той же широте, но в левобережной части области, встречен нами при довольно высоком обилии в сосново-мелколиственном мелкотравном лесу на правобережной террасе р. Васюган в урочище «Волков Бугор». На юге области вид неоднократно отмечался при обследовании ООПТ в пригородной зоне Томска, в т.ч. в долинах рр. Самуськи, Тугояковки и Басандайки (*рис. 3б*).

В Красную книгу Томской области включен единственный в данном регионе представитель семейства кипарисовых (*Cupressaceae*) – **можжевельник обыкновенный** (*Juniperus communis L.*). Вид обитает под пологом сосновых и смешанных с сосной зеленомошных кустарничково-травянистых лесов на песчаных почвах [9], в составе сообществ древесных болот [14].

На территории области можжевельник обыкновенный встречается спорадически, преимущественно в зоне распространения аллювиальных и эоловых песков на юге области. Широко представлен в сосновых борах на левом берегу р. Томи в ближайших окрестностях Томска. Отмечается на правобережье р. Оби, где, по данным А.И. Пяка [5], продвигается на север до р. Тым. Зарегистрирован нами в пойменных болотах по р. Чулым, на северном макросклоне Васюганской болотной системы (*рис. 4а*). Внесен в список редких видов растений Васюганского ландшафтного заказника [8].

В природных популяциях вида преобладают старые генеративные особи высотой до 1,6 м с усыхающими ветвями. Молодые растения единичны. Численность можжевельника на территории области сокращается. В числе лимитирующих факторов: вырубки лесов в местах естественного произрастания, пожары, вытаптывание и выкопка самосева, заготовка в качестве веников для бань [9].



*Рис. 4.* **Пункты регистрации видов семейства кипарисовых (а) и вересковых (б)**

При широком распространении в регионе представителей семейства вересковых (*Ericaceae*), в т.ч.: брусники, голубики, клюквы, черники, багульника, андромеды, кассандры, отметим один вид, являющийся крайне редким. Это **водяника черная** (*Empetrum nigrum L.*) – гипоарктоальпийский вид, облигатно связанный с торфяными болотами. Вид отмечен один раз Е.Д. Лапшиной [14] в ряме на окраине верховой части Бакчарского болота в окрестностях д. Полынянка Бакчарского района. В сходных условиях встречался нам в бассейне р. Чузик у с. Пудино Парабельского района. Вид внесен в список флоры потенциального объекта ЮНЕСКО «Большое Васюганское болото» [8]. Для более северных районов области приводится А.И. Пяком [5] в конспекте флоры озерно-болотной системы «Польта», где связан с местообитаниями сосново-кустарничково-сфагновых болот, сырыми сосновыми и смешанными с сосной лесами (*рис. 4б*).

Очень редким для Западной Сибири, уязвимым видом является **липа сердцелистная** (*Tilia cordata Mill.*) – реликт третичных широколиственных лесов. Восточная граница распространения липы в данном регионе проходит на правобережье р. Иртыш. В Омской области, территория которой с запада граничит с Томской областью, липа составляет около 5% лесопокрытой площади земель лесного фонда. В Томской области известно всего лишь одно местообитание липы, обнаруженное еще первыми русскими переселенцами в правобережной части бассейна р. Чаи – крупного левобережного притока р. Оби (*рис. 4а*).

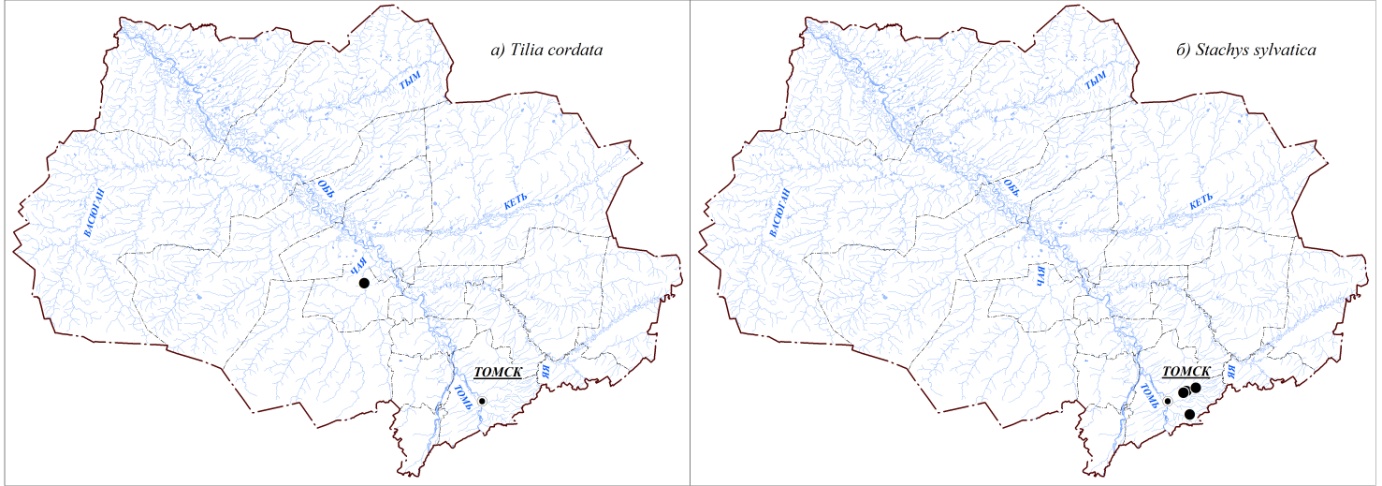
Еще одно изолированное местообитание липы на восточном пределе ее распространения в Западной Сибири находится южнее, располагаясь в административных границах Новосибирской области. Оно приурочено к южной периферии упомянутого выше Большого Васюганского болота, тогда как липовый остров по р. Чае расположен у его северных отрогов. Таким образом, восточные форпосты липы в Западной Сибири отделены друг от друга обширными пространствами Васюганской болотной системы.

Состояние липы в естественных условиях ее обитания на территории Томской области привлекало внимание исследователей Сибири [18-19] еще в начале XX в. Уже в современное время липа в Чаинском районе изучалась специалистами Сибирского ботсада под руководством В.А. Морякиной [9].

С момента первых наблюдений и вплоть до наших дней «липовый остров» в области определялся как группа деревьев и молодая поросль [11, 19, 21]. Естественно, что количество деревьев и их морфологические характеристики со временем менялись. При этом, однако, площадь самого «липового острова» оставалась практически неизменной. Так, по свидетельству П.М. Юркова и В.Е. Добычина из фондовых материалов Гербария им. П.Н. Крылова Томского госуниверситета, высота взрослых лип достигала 7,5-9 м, а диметр стволов – 10-16 см. У двух деревьев диаметр стволов составлял около 29 см [20].

В.А. Морякина [21], позже (в 1977 г.) проводившая исследования «липового острова», насчитывала здесь 22 взрослых дерева высотой 10-12 м (максимальная высота до 17 м) диаметром стволов 12-24 см. По результатам своих исследований В.А. Морякина [21] писала, что возобновление липы здесь только вегетативное укореняющимися ветвями-отводками, хотя у нескольких деревьев отмечалось цветение. К моменту нашего обследования «липового острова» (2012-2014 гг.) количество взрослых деревьев сократилось вдвое. Сегодня здесь имеется только 11 взрослых деревьев с диаметром их стволов до 18 см и около 50 экземпляров молодых лип диаметром до 5 см, сформировавшихся на питательном субстрате стволов отмерших и отмирающих деревьев. Общая площадь, занятая липами, составляет менее 0,2 га. Примерно такая же площадь приводится Н.И. Кузнецовым [19] по результатам проведенных исследований около 100 лет назад.

Тем не менее, липа в Чаинском Приобье находится в неравных условиях борьбы с природой и человеком. Причем, главным негативным фактором, обусловившим сокращение количества деревьев в этом уникальном природном островке, безусловно, является прямое вмешательство человека. Липа здесь вырубалась и выкапывалась, использовалась как источник посадочного материала для озеленения населенных пунктов, по крайней мере – в его ближайших окрестностях. Поэтому сегодня липовый остров в Томской области нуждается в строгой охране, системном мониторинге и ограничении посещения его территории.



*Рис. 5.* **Места локализации третичных реликтов: (а) липа сердцелистная, б) чистец лесной**

**Чистец лесной** (*Stachys sylvatica L., семейство Lamiaceae*) – еще один реликт третичных широколиственных лесов во флоре Томской области – отмечается в темнохвойных и смешанных лесах в ее южной части. Широко распространен в Горной Шории, где обитает в липовых лесах и черневой тайге, а также встречается в травостое высокотравных лугов, на вырубках и гарях [20]. Нами отмечен под пологом нарушенных рубками участков темнохвойной тайги на северных отрогах Кузнецкого Алатау. С высоким обилием вид встречается в лесопарках у старых сел по Иркутскому тракту, а также в елово-пихтовых массивах по железной дороге Томск-Тайга, еще в советское время объявленных памятниками природы регионального подчинения (*рис. 4б*).

**Выводы**

1. До настоящего времени обширные пространства Западной Сибири еще мало изучены в отношении их биологического, в том числе ботанического, разнообразия. Весьма позитивную роль в восполнении этого пробела играют исследования существующих здесь ООПТ, выполняющиеся в последнее время как по инициативе государственных природоохранных органов в субъектах Российской Федерации, так и по инициативе научных коллективов.

2. Исследование ООПТ в административных подразделениях Западной Сибири способствует накоплению достоверных данных о биологическом разнообразии западно-сибирской тайги и распространении редких и уникальных для нее видов растений, включая занесенные в Красные книги.

3. Выявление редких видов растений в границах созданных в сибирском регионе по разным мотивировкам ООПТ позволяет оценить их реальное природоохранное значение и, соответственно, обеспечить более эффективную охрану и разумное использование.

**Литература**

1. Скалон В.Н. Охраняйте природу. – Иркутск: Иркутское книжное изд-во, 1957. – 107 с.

2. Реймерс Н.Ф., Штильмарк Ф.Р. Особо охраняемые природные территории. – М.: Мысль, 1978. – 295 с.

3. Мониторинг биоразнообразия и функциональная структура природных комплексов на особо охраняемых природных территориях Алтае-Саянского экорегиона // Научные труды ассоциации заповедников и национальных парков Алтае-Саянского экорегиона. – Вып. 3. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. – 134 с.

4. Научные исследования в заповедниках и национальных парках Южной Сибири: Вып. 2 / Отв. ред. В.В. Непомнящий. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. – 175 с.

5. Семенова Н.М. Особо охраняемые территории Томской области // Рациональное использование природных ресурсов и комплексный мониторинг окружающей среды: матер. Междунар. школы-семинара. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – С. 230-241.

6. Амельченко В.П., Семенова Н.М., Бляхарчук Т.А., Герасько Л.И., Колесниченко Л.Г., Лойко С.В. Сохранение биологического разнообразия степных экосистем на юге Томской области // Проблемы региональной экологии, 2012. № 1. – С. 139-145.

7. Пяк А.И. Материалы к локальной флоре «Польто» (Томская область) // Биогеоценология и ландшафтная экология: Итоги и перспективы: матер. IV Междунар. конф., посвященной памяти Ю.А. Львова (28-30 ноября 2012 г.) – Томск: ТГУ, 2012. – С. 274-278.

8. Семенова Н.М., Лапшина Е.Д., Шоу С.К., Велер Б.Д. Сохранение ботанического и ландшафтного разнообразия болот Западной Сибири в связи с созданием Васюганского ландшафтного заказника / Актуальные проблемы экологии и природопользования Сибири в глобальном аспекте. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – С. 354-361.

9. Красная книга Российской Федерации: растения и грибы / Отв. ред. Л.В. Бардунов, В.С. Новиков. – М., 2008. – 854 с.

10. Красная книга Томской области. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Томск: Изд-во «Печатная мануфактура», 2013. – 504 с.

11. Редкие и исчезающие виды животных и растений Томской области. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1984. – 136 с.

12. Вылцан Н.Ф. Определитель растений Томской области. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1994. – 301 с.

13. Пяк А.И., Мерзлякова И.Е. Сосудистые растения города Томска: Учебное пособие. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2000. – 80 с.

14. Лапшина Е.Д. Флора болот юго-востока Западной Сибири. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2003. – 296 с.

15. Семенова Н.М., Амельченко В.П., Волкова И.И. Ботанико-географические особенности и перспективы сохранения уникального природного комплекса в южном пригороде г. Томска // Проблемы региональной экологии, 2015. № 6. – С. 49-54.

16. Wetlands in Russia, Vol. 2: Important peatlands / Botch, M.S., ed., Wetlands International Global Series, 2000. № 2. – 91 p.

17. Эбель А.Л., Пяк А.И., Ревушкин А.С. и др. Определитель растений Томской области. – Томск: Изд-во Том. ун-та , 2014. – 463 с.

18. Драницын Д.А. Материалы по почвоведению и геологии западной части Нарымского края // Труды почвенно-геоботанических экспедиций по исследованию колонизационных районов Азиатской России. Ч. 1. Вып. 1. – Петроград, 1915. – 255 с.

19. Кузнецов Н.И. Очерк растительности Нарымского края Томской губернии // Труды почвенно-геоботанических экспедиций по исследованию колонизационных районов Азиатской России. Ч. 2. Вып. 1. – Петроград, 1916. – 160 с.

20. Положий А.В., Крапивкина Э.Д. Реликты третичных широколиственных лесов во флоре Сибири. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1985. – 158 с.

21. Морякина В.А. Островок липы в Томской области – редкий ботанический объект / Особо ценные лесные объекты. – Новосибирск, 1979. – С. 155-162.

*Сведения об авторах:*

Семенова Наталья Михайловна, к.г.н., доцент кафедры природопользования ТГУ; тел.: +7(903) 9516186, e-mail: [nmsemnv@mail.tomsknet.ru](mailto:nmsemnv@mail.tomsknet.ru).

Волкова Ирина Ивановна, к.б.н., доцент кафедры ботаники ТГУ; тел.: +7(923) 4059979, e-mail: [volkovhome@yandex.ru](mailto:volkovhome@yandex.ru).

Амельченко Валентина Павловна, к.б.н., с.н.с. Сибирского ботсада ТГУ; тел.: +7(923) 4144838, e-mail: [omela@yandex.ru](mailto:omela@yandex.ru).

Волков Игорь Вячеславович, к.б.н., завлаб биоразнообразия и экологии ТГУ; тел.: +7(3822) 529628, e-mail: [volkovhome@yandex.ru](mailto:volkovhome@yandex.ru).

Томский государственный университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 36.

**ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

УДК 504.054

**Экологические аспекты космической деятельности**

*И.Ф. Крестников, Институт прикладной геофизики им. академика Е.К.Федорова*

В статье рассматриваются особенности космической деятельности как фактора формирования экологической ситуации. Приводятся результаты эмпирических исследований. Освещаются некоторые проблемы формирования общественного мнения по социально-экологическим последствиям космической деятельности.

*Ключевые слова***:** экологический фактор, космическая деятельность, общественное мнение.

Одним из значимых современных источников воздействия на окружающую среду является космическая деятельность, объективно необходимая для достижения множества важнейших целей практически во всех сферах жизнедеятельности общества. Сегодня она самым непосредственным образом определяет качество жизни граждан развитых стран, в т.ч. и России (*табл. 1*).

Таблица 1

**Значение космической деятельности в жизни общества**

| *Направление*  *космической деятельности* | *Решаемая задача* |
| --- | --- |
| Оборона и безопасность | Управление |
| Предупреждение о ракетном нападении |
| Контроль за соблюдением международных договоров |
| Оперативный контроль кризисных районов Земли |
| Навигация |
| Мониторинг и предупреждение чрезвычайных ситуаций |
| Телекоммуникации | Связь, телевидение, Internet |
| Наука, техника и технологии | Исследование Земли (дистанционное зондирование) |
| Исследование космоса, околоземного космического пространства |
| Исследование влияния факторов космического пространства на человека и биоту |
| Исследование влияния факторов космического пространства на конструкционные материалы и образцы космической техники |
| Испытания образцов новой космической техники |
| Эксперименты по получению материалов с новыми свойствами |

В то же время, несмотря на значительный позитивный вклад в развитие человечества, космическая деятельность сопровождается нарастанием экологической опасности для людей и природы. Именно поэтому в настоящее время широко распространилось мнение о том, что вследствие активной космической деятельности нанесен заметный ущерб окружающей среде в районах космодромов, ракетных полигонов, а также околоземному космическому пространству (ОКП). А это значит, что в массовом сознании уже сформирован не вполне объективный взгляд на масштабы и формы экологического ущерба от воздействия ракетно-космической техники (РКТ) [1].

При этом экологические последствия ракетно-космической деятельности (РКД) могут быть весьма актуальными для населения целых регионов. Так, по данным Роскосмоса, в последние десятилетия в нашей стране для обеспечения запусков ракетной техники используются более 110 земельных участков общей площадью примерно 20 млн. га, причем места падения фрагментов ракетной техники в этих районах неизбежно загрязнены компонентами топлива, в том числе и высокотоксичными. Однако следует отметить, что зачастую величина экологического ущерба от космической деятельности преувеличивается из конъюнктурных соображений [2]. Например, общая площадь, занимаемая девятью районами падения (РП) отделяемых частей ракет-носителей (ОЧ РН) на территории Архангельской области составляет примерно 1,53 млн га. По данным Комитета природных ресурсов Архангельской области [3] в РП ОЧ (на 1 января 2001 г.) в результате деятельности космодрома Плесецк в районах падения находилось 18 тыс. т металлолома, 744 т азотного тетраоксида (АТ, вещество 2-го класса опасности), 340 т несимметричного диметилгидразина (НДМГ, вещество 1-го класса опасности). При этом НДМГ загрязнено 151 га, углеводородным горючим – 228 га. Ставя под сомнение тот факт, что такое легколетучее вещество как АТ в количестве 744 т до сих пор может находиться в местах падения ОЧ, следует обратить внимание, что НДМГ загрязнено только 1.10-3% общей площади выделенных РП. И это после 1600 пусков. Вывоз же металлоконструкций из РП осуществляется организованно уже более 25 лет. Однако всё это не означает, что проблема очистки РП ОЧ и мониторинга природной среды в этих районах полностью отсутствует.

Безусловно, что процессам эксплуатации существующих и вновь разра-батываемых космических изделий и комплексов объективно присущи негативное экологическое воздействие на окружающую среду и риски экологических аварий, обусловленные возможностью возникновения происшествий на космической технике и наносящие ущерб окружающей среде. При этом источники возникновения и характер проявления опасностей экорисков, связанных с функционированием объектов наземной инфраструктуры и запусками ракет-носителей, практически не зависят от типа космического ракетного комплекса (КРК), а риск причинения ущерба окружающей среде распространяется на все ее компоненты: воздух, воду, почву, различные слои атмосферы и даже на ОКП.

Понятно, что, несмотря на несомненную специфику, космическая отрасль должна быть экологически безопасной.

Начнем со статистики космических запусков в мире (*табл. 2*). Несмотря на общий рост надежности РКТ в целом, полностью исключить возникновение аварийных и нештатных ситуаций при её эксплуатации в обозримом будущем, по-видимому, не удастся.

Таблица 2

**Сводная статистика космических запусков в мире с 1957 по 2014 гг.**

| *Страна* | *Число запусков* | *Число аварийных  запусков* | *Доля аварийных  запусков, %* |
| --- | --- | --- | --- |
| Россия | 3214 | 161 | 5,0 |
| США | 1597 | 132 | 8,3 |
| Европа | 244 | 16 | 6,6 |
| Китай | 216 | 11 | 5,1 |
| Япония | 97 | 10 | 10,3 |
| Индия | 44 | 7 | 15,9 |
| Израиль | 9 | 2 | 22,2 |
| Иран | 4 | 1 | 25,0 |
| КНДР | 4 | 3 | 75,0 |
| Ю.Корея | 3 | 2 | 66,7 |
| Бразилия | 2 | 2 | 100 |
| Всего | 5424 | 347 | 6,4 |

Основная опасность с точки зрения воздействия ракетно-космической техники на окружающую среду заключается в том, что в двигательных установках ракет-носителей, разгонных блоков и космических аппаратов наряду с нетоксичными или малотоксичными применяются высокотоксичные компоненты ракетного топлива (КРТ) – НДМГ и AT, привлекательных для разработчиков космической техники тем, что в отличие от малотоксичных криогенных КРТ данные токсичные КРТ являются самовоспла-меняющимися и не теряют физических свойств при длительном хранении. При этом, разумеется, изделия РКТ, использующие токсичные КРТ неоднократно проходили Государственную экологическую экспертизу (ГЭЭ) и были допущены к эксплуатации [4], в т.ч. космический аппарат МЛМ (многоцелевой лабораторный модуль Международной космической станции) [6]. Следует иметь в виду, что МЛМ является пилотируемым космическим объектом.

Отдельно следует подчеркнуть, что именно самые токсичные КРТ, т.е. АТ и НДМГ, имеют относительно самую малую долю экологически активных продуктов сгорания (*табл. 3*).

Таблица 3

**Доля токсичных и нетоксичных продуктов сгорания ракетных топлив,**

в % от массы выхлопа

| *Продукт сгорания* | | *Компонент топлива* | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *жидкие* | | *твердые* |
| *АТ+НДМГ* | *О2 +керосин* |
| Не токсичные | Н2 | 1,49 | 0,57 | 2,93 |
| Н2О | 28,01 | 28,60 | 3,67 |
| N2 | 34,92 | - | 7,96 |
| CO2 | 32,75 | 46,5 | 1,2 |
| C | 0,93 | 0,09 | - |
| NH3 | 0,02 | - | - |
| CH4 | 0,1 | - | - |
| Прочие | 0,1 | 0,1 | 6,0 |
| Итого | 97,32 | 75,89 | 21,91 |
| Токсичные | СО | 2,68 | 24,11 | 29,5 |
| HCl | - | - | 20,42 |
| Al2O3 | - | - | 28,17 |
| Итого | 2,68 | 24,11 | 78,09 |

Также целесообразно рассмотреть вклад ракетно-космической деятельности в общее воздействие на атмосферу Земли. Годовой техногенный выброс токсичных продуктов в миреприведен в *табл. 4.* Из таблицы видно, что доля РКТ составляет лишь около 0,1% выбросов авиационной техники.

Таблица 4

**Годовой техногенный выброс токсичных продуктов в мире**

| *Источник выбросов* | *Количество выбросов, в тоннах* |
| --- | --- |
| Общий мировой уровень | 1 000 000 000 |
| Автомобили | 400 000 000 |
| Самолеты | 10 000 000 |
| Ракеты-носители | 10 000 (~0,1% выбросов самолетов) |

Известно, что самой чувствительной к воздействию составляющей верхней атмосферы является озоновый слой [6]. До настоящего времени вклад РКТ в разрушение озоносферы оценивается только теоретически, без проведения каких-либо целевых измерений из космоса или с поверхности Земли. Дело в том, что при теоретической оценке количества озона, разрушаемого при запусках РН, необходимо рассматривать очень сложный процесс взаимодействия продуктов сгорания КРТ с компонентами атмосферы, во время которого одновременно протекают газодинамические, химические (гомогенные и гетерогенные), а также фотохимические процессы, описываемые сложными математическими моделями. Вклад различных каталитических циклов в разрушение озона приведён в *табл. 5*.

Таблица 5

**Вклад различных каталитических атмосферных циклов в разрушение озона**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *Компонент* | *Вклад в процесс разрушения,%* | | |
| все источники | | ракетные двигатели |
| вся стратосфера | слой 25-30 км |
| Оксиды азота | 32 | 70 | 0,00005 |
| Кислород | 23 | 10 | 0 |
| Водород/гидроксил | 26 | 10 | 0,0012 |
| Хлор | 19 | 10 | 0,032 |
| *Всего:* | *100* | *100* | *0,034* |

Поэтому теоретические оценки, полученные при различных упрощениях и допущениях, несколько отличаются. Из результатов теоретических исследований видно, что:

– во-первых, отдельные пуски даже таких мощных изделий РКТ, как российская РН «Энергия» или американский комплекс «Спейс Шаттл», оказывают лишь локальное и сравнительно кратковременное воздействие на стратосферный озон;

– во-вторых, даже при повышенной интенсивности пусков (ежемесячные пуски в течение 4-х лет) глобальное снижение общего содержания озона мало и составляет 0,2-0,3% [7].

Как видно из *табл. 6* [8] наибольшее влияние на озон при запусках РН оказывают хлорные компоненты, содержащиеся в продуктах сгорания твердых КРТ, и в меньшей степени – окислы азота и водородные компоненты.

В фоновых условиях основными источниками хлора на стратосферных высотах являются:

– фотодиссоциация хлористого метила, образующегося при разложении или сгорании биологических продуктов, преимущественно морского происхождения;

– фотохимическое разрушение хлорфторуглеводородов (фреонов, хладонов);

– выбросы вулканов.

Таблица 6

**Ежегодные выбросы озоноразрушающих компонентов в стратосферу,** в килотоннах

| *Источник* | *Хлор* | *Вода* | *Водород* | *Оксиды азота* |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Промышелнность | 300 | - | - | - |
| Вулканы | 100-1000 | - | - | - |
| Естественный фон | 75 | 1500 | 340 | 280 |
| Ракетная техника  (например 9 «Шаттлов» и 6 «Титанов») | 0,79 | 3,25 | 0,2 | 0,016 |

Как видно из табл. 6 самым значительным источником хлора являются извержения вулканов. Во время крупных вулканических извержений в стратосферу может поступать большое количество хлористого водорода, содержащегося в вулканических газах. По имеющимся оценкам [9] ежегодный выброс хлористого водорода из вулканов составляет 0,4-11,0 Мт. Приблизительно 10% этих газов выделяются при извержениях взрывного типа, выбросы которых достигают стратосферы. Этот источник хлора очень изменчив и может достигать 3 Мт для сильного извержения. Так, во время извержения вулкана Агунг в марте 1963 г. в стратосферу, согласно оценкам, попало около 1,2 Мт хлористого водорода [10].

Таблица 7

**Общая площадь поверхности аэрозольных частиц в стратосфере в фоновых уловиях, при извержении вулкана и воздействии РКТ и их влияние на озон**

| *Характеристики* | *Вулкан Эль-Чичон* | *Естественный фон* | *РКТ: 9 «Шаттлов» и*  *6 «Титанов»* |
| --- | --- | --- | --- |
| Общая площадь поверхности, мкм2/см3 | 17500000 | 540000 | 763 |
| Степень разрушения озона, % | 10-17 | 0,5-2,0 | 0,0004-0,0007 |

Другим компонентом твердых и жидких КРТ и продуктов их сгорания, оказывающим значительное влияние на озон, являются оксиды азота. В естественных условиях основным источником оксидов азота является окисление N2O (закись азота) возбужденными атомами кислорода в стратосфере. Этот процесс служит источником оксидов азота не только в стратосфере, но и в средней и верхней тропосфере. Интенсивность его составляет в Северном полушарии 100-300 кт в год [11]. Наземные и антропогенные источники оксидов азота имеют существенно большую интенсивность 10-20 Мт в год; из них 10 Мт производит биосфера суши, с макисмумом в средних и субтропических широтах; 2-4 Мт создается молниевыми разрядами при грозах. Из-за быстрого вымывания оксидов азота в слое облаков и осадков изменение интенсивности этих источников мало отражается на глобальном среднем солдержании оксидов азота в средней и верхней тропосфере.

Значительным антропогенным источником оксидов азота в стратосфере являются выбросы оксидов азота реактивными двигателями самолетов. В двигателях наиболее распространенных дозвуковых самолетов в крейсерском режиме образуется около 6 г двуокиси азота на 1 кг израсходованного топлива. В двигателях широкофюзеляжных самолетов – 16 г на кг. Наибольшее количество (18 г на кг) образуется в двигателях сверхзвуковых транспортных самолетов первого поколения. Согласно [12] около 50% общего содержания оксидов азота в верхней тропосфере и нижней стратосфере нижних широт Северного полушания является результатом выбросов реактивных двигателей самолетов. Если сопоставить эти данные с ежегодными выбросами окислов азота в стартосферу от естественных источников и в результате запусков твердотопливных ракет, то очевидно, что вклад РКТ в разрушение озона за счет выбросов этого компонента крайне незначителен (см. табл. 6).

Ещё одним источником разрушения озона при запусках твердотопливных ракет могут быть аэрозольные частицы Al2O3 и кристаллики воды. Нарпимер при каждом запуске американских РН «Титан-4» на высоты 15-60 км выбрасывалось до 68 т Al2O3, а при запуске «Шаттла» – 110 т. [13]. Сопоставим эти данные с содержанием аэрозолей в фоновых условиях, с выбросами при извержениях вулканов и при полетах сверхзвуковых самолетов. В обычных условиях в глобальной стратосфере до высоты 30 км содержится 0,2-1 Мт субмикронных аэрозольных частиц, в основном в виде капель серной кислоты. Мощные извержения вулканов забрасывают в нижнюю стратосферу большое количество таких частиц. Так в результате извержения вулкана Эль-Чичон в марте-апреле 1982 г. на высоту 30 км было выброшено более 20 Мт мелкодисперсного аэрозоля, содержащего 18% Al2O3, а также сернистые газы. Более того, поскольку большая часть измеренных частиц имела несферическую форму, а в результате сгорания твердого ракетного топлива в атмосферу выбрасываются сферические частицы, скорее всего они явлюятся продуктами абляции КА и фрагментов ступеней РН при входе в плотные слои атмосферы.

Проведенные сравнительныне расчеты [13] с другим антропогенным источником – сверхзвуковыми самолетами показывают, что при прочих одинаковых условиях от воздействия авиационной техники возможно уменьшение общего содержания озона на 1-1,33%. Такое же уменьшение озона может иметь место в результате увеличения интенсивности запусков ракет в 30 раз по сравнению с существующей в настоящее время [6].

Представленные выше данные не дают оснований утверждать в настоящее время о каком-либо особо существенном вкладе РКТ в разрушение (воздействием запусков РН и при сходе с орбиты КА и фрагментов РН) озонового слоя Земли в глобальных масштабах.

**Литература**

1. Сосунова И.А., Мамонов Н.Е., Крестникова С.И. Российская космонавтика: социальная отдача и социально-экологические проблемы в зеркале общественного мнения. – М.: РЭФИА, 2004.

2. Крестников И.Ф., Крестникова С.И. Космонавтика и новое качество жизни. Экологические аспекты / IV Всеросс. научно-практическая конф. – Качество жизни: Государственное регулирование и социальное партнерство (сб. докладов). – М.: ВНИИТЭ, 2004. – С. 98-105.

3. Попов И.Н. Экологическая ситуация в районах падения отделяющихся частей ракет-носителей, расположенных на территории Архангельской области // Двойные технологии, 2001. № 3. – С .21-22.

4. Заключение экспертной комиссии ГЭЭ проектных материалов «Космический ракетный комплекс «Протон-М» и космический разгонный блок «Бриз-М» от 11.07.2002 // Утв. приказом МПР России от 22.07.2002. № 460.

5. Заключение экспертной комиссии ГЭЭ проекта технической документации по космическому комплексу МЛМ от 19.06.2009 г. // Утв. приказом Ростехнадзора от 23.06.2009 г. № 550.

6. Макдональд А.Дж., Беннет Р.Р., Хиншоу Дж.К., Барнс М.У. Ракеты с двигателями на химическом топливе: влияние на окружающую среду // Аэрокосмическая техника, 1991. № 9. – С. 96-101.

7. Деминов И.Г., Еланский Н.Ф., Озолин Ю.Э., Петухов В.К. Оценка воздействия регулырных пусков ракет «Энергия» и «Шаттл» на озонный слой и климат Земли: Препринт № 1. – М.: ИФА РАН, 1992.

8. McDomald A.J. Impact and mitigation of stratospheric ozone depletion by chemical rockets // AIAA Paper 92-1003. Proc. AIAA Space Programs and Technologies Conference (March 24-27 1992, Huntsville).

9. Pollack J.B., Toon O.B., Summers A. et. al. Estimatons of the climatic impact of aerosols produced by Space Shuttles, SST`s and other high flying aircraft // J.Applied Meteorilogy, 1976. V.15. № 3. – P. 247.

10. Александров Э.Л., Израэль Ю.А., Кароль И.Л., Хргиан А.Х. Озонный щит Земли и его изменения. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1992.

11. Кароль И.Л. О возможных антропогенных изменениях газового состава и температуры атмосферы до 2000 г. // Метеорология и гидрология, 1986. № 4. – С. 115.

12. Ehhalt D.H., Rohrer F., Wahner A. Sources and distribution of NOx in the upper troposphere at northern mid-latitudes // J.Geophys. Res., 1992. V.97. – P. 3725.

13. Экологические проблемы и риски воздействий ракетно-космической техники на окружающую природную среду. Справочное пособие / Под общ. ред. В.В. Адушкина, С.И. Козлова, А.В. Петрова. – М.: Анкил, 2000.

*Сведения об авторе*

Крестников Игорь Федорович, ведущий специалист Института прикладной геофизики им. академика Е.К. Федорова, 129128, Москва, ул. Ростокинская, 9; тел.: 8 (499) 181-54-20, е-mail: [krestnikov.igor@gmail.com](mailto:krestnikov.igor@gmail.com).

**ГЕОДЕЗИЯ И КАРТОГРАФИЯ**

УДК 502.3

**Геоинформационный анализ проекта постановления Правитель-ства Российской Федерации «Об утверждении правил ведения государственного реестра объектов накопленного вреда окружающей среде»**

*Е.А. Кравец, к.т.н., Московский госуниверситет геодезии и картографии (МИИГАиК)*

В статье выполнен анализ корректности проекта Постановления Правительства Российской Федерации «Об утверждении правил ведения государственного реестра объектов накопленного вреда окружающей среде» с точки зрения учета географических особенностей объектов накопленного вреда окружающей среде и особенностей формирования информационных потоков в сфере оценки состояния окружающей среды. Даны рекомендации по доработке и корректировке данного документа.

*Ключевые слова*: окружающая среда, геоинформационный анализ, накопленный вред, государственный реестр, критерий оценки уровня экобезопасности.

Геоинформационный анализ в настоящей работе выполняется относительно приведенной в приложении к указанному проекту постановления Методики расчета критерия «оценка уровня экологической безопасности» объекта накопленного вреда окружающей среде для проведения его категорирования, так как все географические аспекты правил ведения государственного реестра объектов накопленного вреда окружающей среде сконцентрированы в данной Методике, пусть и не совсем корректно.

Основные методологические подходы к геоинформационному анализу нормативных правовых документов изложены в работах автора [1, 2]. Картографическая модель, как один из основных результирующих продуктов работы геоинформационных систем предлагается для оценки корректности информации и/или нормативного правового документа на предмет «картографируемости» и корректности использования географических понятий.

Методика геоинформационного анализа в данном случае предполагает учет географической структуры и изменчивости объектов исследования (компонентов окружающей среды в районах воздействия объектов накопленного экологического ущерба), а также особенностей формирования информационных потоков в этой области.

Рассмотрим предлагаемые подкритерии для расчета критерия оценки уровня экологической безопасности.

*Подкритерий k1 – объем компонента природной среды, содержание загрязняющих веществ в котором превышает установленное значение норматива качества окружающей среды* предлагается измерять в миллионах кубических метров соответствующего загрязненного компонента. Этот подкритерий количественно ранжируется прямо пропорционально объемам загрязненного компонента. Основной географической неопределенностью в данном случае является единственное число компонента природной среды, упоминаемое для данного подкритерия, в то время как в Федеральном законе «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 03.07.2016) в статье 1 перечисляются такие компоненты, как земля, недра, почвы, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух, растительный, животный мир и иные организмы, а также озоновый слой атмосферы и околоземное космическое пространство, обеспечивающие в совокупности благоприятные условия для существования жизни на Земле. Очевидно, в случае оценки накопленного вреда окружающей среде будет иметь практический смысл рассмотрение таких компонентов, как земля, недра, почвы, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух, растительный, животный мир. Относительно корректно можно оценить объем загрязненных почв, подземных вод и поверхностных вод относительно непроточных водных объектов, хотя здесь открытыми остаются вопросы необходимой и достаточной густоты сети отбора проб, периодичности их отбора и перечня загрязнений, на которые необходимо анализировать отобранные пробы. Определение объема загрязнения для проточных и/или крупных водных объектов (рек, каналов, проточных озер, частей море и океанов), а также объема загрязнения атмосферного воздуха является методически непроработанной задачей в условиях высокой пространственно-временной изменчивости показателей состояния этих компонентов окружающей среды. Определение объема загрязненных объектов растительного и животного мира также не проработано в контексте поставленных в рассматриваемом проекте постановления задач. Больший смысл относительно объектов животного и растительного мира может иметь оценка снижения их численности, уничтожения и загрязнениях местообитаний негативным воздействием объектов накопленного экологического ущерба.

Относительно непротиворечивым выглядит подкритерий k2 – масса накопленных отходов производства и потребления конкретного класса опасности, т.к. методики отнесения видов отходов к различным классам опасности вполне проработаны. Однако в данном случае актуальна проблема несовершенства учета количества и классов опасности складируемых отходов, особенно на несанкционированных свалках, что может затруднить расчет данного критерия в ряде ситуаций.

*Подкритерий k3 – площадь территории (акватории), подверженной негативному воздействию* (на которых расположен объект накопленного вреда окружающей среде) не вполне определенно сформулирован, так что непонятно, будет ли в данном показателе учитываться только площадь собственно объекта негативного воздействия (производственной площадки, полигона отходов и т.п.) или же площадь и объекта негативного воздействия, и иных площадей территорий (акваторий), испытывающих негативное воздействие данного объекта накопленного вреда окружающей среде. Во втором случае, очевидно, необходимо оговаривать степень негативного воздействия за пределами объекта накопленного вреда окружающей среде и методики его оценки, чтобы определить интересующую площадь территории (акватории), подверженной рассматриваемому негативному воздействию.

*Подкритерий k4 – превышение нормативов качества окружающей среды*, в том числе предельно допустимых концентраций (ПДК) химических веществ измеряется в кратности единиц превышения ПДК является неопределенным:

– в тематическом аспекте (критерии выбора и количество веществ, для которых оценивается соответствие нормативам качества окружающей среды);

– в компонентном (компоненты окружающей среды, для которых оценивается соответствие нормативам качества);

– в территориальном и методическом аспекте (количество точек, для которых будет выполняться анализ качества компонента окружающей среды, выбор мест отбора проб, плотность сети точек отбора проб, методики осреднения полученных в результате мониторинга данных или иные методы их обработки и учета).

В анализируемом документе не уточняется количество веществ, точек отбора проб, периодичностm их отбора для расчета критериев, что не учитывает многокомпонентный и сложный пространствено-временной характер химических и биологических загрязнений.

*Подкритерий k5 – наличие на объектах накопленного вреда окружающей среде опасных веществ, указанных в международных договорах, стороной которых является Российская Федерация* не вызывает вопросов в геоинформационном контексте, однако и тут могут возникать проблемы с учетом трансграничного движения и накопления вредных и опасных веществ.

*Подкритерий k6 – количество населения, проживающего на территории, на которой окружающая среда испытывает негативное воздействие* также является одним из наиболее неопределенных в геоэкологическом аспекте, т.к. не оговорено критериев выделения таких территорий. Не определены количественные и качественные критерии выделения таких территорий, а также перечень органолептических, химических, биологических, радиационных и иных показателей состояния окружающей среды, на основе которых будет определяться наличие или отсутствие негативного воздействия на окружающую среду. Также открытым остается вопрос территориальной организации исследований состояния окружающей среды для расчета данного подкритерия.

*Подкритерий k7 – количество населения, проживающего на территории, окружающая среда на которой находится под угрозой негативного воздействия вследствие расположения объекта накопленного вреда окружающей среде* – скорее всего, предполагает учет потенциальной опасности в случае аварийных ситуаций (в результате разрушения объекта или его конструктивных элементов, стихийных бедствий, терактов и других причин) на объекте накопленного вреда окружающей среде, что расширяет уже имеющуюся территорию, на которой окружающая среда испытывает негативное воздействие (подкритерий k6). Для расчета подкритерия k7 необходимо иметь информацию о потенциально опасных факторах воздействия на окружающую среду от рассматриваемого объекта накопленного ущерба окружающей среде, а также выполнить прогнозирование и моделирование возможных ситуаций, актуализирующих угрозу негативного воздействия, смоделировать и закартографировать границы зон угроз негативного воздействия на окружающую среду.

Таким образом, при рассмотрении проекта постановления Правительства Российской Федерации «Об утверждении правил ведения государственного реестра объектов накопленного вреда окружающей среде» в части Методики расчета Критерия «оценка уровня экологической безопасности» объекта накопленного вреда окружающей среде для проведения его категорирования были выявлены существенные методические неопределенности, нуждающиеся в корректировке с учетом географических особенностей объектов оценки и анализа, а также особенностей формирования информационных потоков по рассматриваемой тематике.

Литература

1. Кравец Е.А. Картографическая экспертиза нормативных правовых документов в сфере охраны окружающей среды // Использование и охрана природных ресурсов в России, 2011 г. № 3. – С. 49-54.

2. Кравец Е.А. Картографическая логика (анализ вопросов состояния и охраны окружающей среды). – М.: Изд-во МИИГАиК, 2010. – 160 с.

*Сведения об авторе:*

Кравец Елена Александровна, к.т.н., доцент Московского государственного университета геодезии и картографии» (МИИГАиК), 105064, Москва, Гороховский пер., д. 4; тел.: 8 (926) 247-19-82, 8 (499) 267-27-72, e-mail: elekravets@yandex.ru.