тельствует их узкая специализация по типу формирования побега, занимающего промежуточное положение между луковичными растениями сем. *Liliaceae* и клубнелуковичными сем. *Iridaceae* и *Melanthiaceae*.

**Список литературы**

1. Декоративные травянистые растения. Л.: Наука, 1977. Т. 2. 315 с.
2. Седельникова Л. Л. Биоморфология геофитов в Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 2002. 307 с.
3. Стефанов Б. Монография на род *Colchicum* L. София, 1926. 99 с.
4. Уранов А. А. Жизненное состояние вида в растительном сообществе // Бюл. МОИП. Вып. 3, 1960. С. 77–92.
5. Серебрякова Т. И. Учение о жизненных формах растений на современном этапе // Итоги науки и техники: Ботаника. М., 1972. Т.1. С. 84–169.

УДК 581.45
ББК Е 5

***А. В. Скобельцина,***
***Е. Б. Просянникова***

## Анализ фракционного состава воды в листьях древесных растений в условиях города

Рассматривается фракционный состав воды в листьях древесных растений на примере города Чита. Дан анализ фракционного состава воды в различных экологических условиях. Сравниваются адаптационные возможности у различных древесных растений в урбанизированной среде. Отмечены физиологические различия исследуемых древесных растений, произрастающих в разных экологических условиях. На основании проведенных исследований выделены экологически лабильные виды древесных растений, произрастающих на территории города Чита.

***Ключевые слова***: внутриклеточная вода, фракционный состав воды, свободная вода, связанная вода, древесные растения, адаптация, устойчивость, городская среда.

***A. V. Scobeltsina,***
***E. B. Prosyannikova***

## The Analysis of Fractional Structure of Water in Leaves of Wood Plants in the Urban Environment

The fractional structure of water in leaves of wood plants growing in Chita is considered. Fractional structure analysis of water in various ecological conditions is given. Adaptative possibilities at various wood plants in the urbanized environment are compared. Physiological distinctions of wood plants growing in different ecological conditions are noted. On the basis of the researches carried out ecologically labile kinds of the wood plants growing in Chita are revealed.

***Key words***: endocellular water, fractional structure of water, free water, attached water, wood plants, adaptation, stability, urban environment.

Среди химических соединений, содержащихся в живых организмах, в количественном отношении вода занимает доминирующее положение. Активное проявление жизнедеятельности без воды невозможно [3].

Для функционирования живых организмов важна не только и даже не столько их общая оводненность, сколько то состояние, в котором находится содержащаяся в них вода – ее концентрация, энергетический уровень, реакционоспособность, подвижность и т. д.

Важен не только фактор емкости (т. е. общее содержание воды в процентах от сырой или сухой массы), но и фактор напряжения, который характеризуется термодинамическими параметрами [3].

Состояние внутриклеточной воды отличается от состояния дистиллированной воды. Изменяется подвижность и рассеиваемость молекул, их свободная энергия, их реакционноспособность и работоспособность. Свойства внутриклеточной воды, в том числе структурные и физико-химические, изменены по сравнению с чистой водой, в клетке существуют различные по своей подвижности и другим параметрам водные фракции, наряду со свободной водой существует и связанная.

Понятие о свободной и связанной воде заимствовано из физической химии. Свободная вода – это чистая вода, лишенная каких-либо примесей. Связанная вода – вода, взаимодействующая с неводными компонентами. Связанная вода не является растворителем, имеет более плотную упаковку (т. е. повышенную упорядоченность пространственной организации) молекул, пониженную температуру замерзания и повышенную температуру кипения и т. д. [3].

Количество связанной и свободной воды в клетках растения влияет на физиологические функции растительного организма в целом. Внутриклеточное состояние воды напрямую влияет на азотный и фосфорный обмен, интенсивность дыхания и фотосинтеза, активность ферментов и некоторые другие физиологические показатели.

Устойчивость растения к стрессовым факторам зависит от взаимодействия основных компонентов цитоплазмы белков и воды. П. А. Генкель отмечал, что у более засухоустойчивых мезофитов стабильность мембран выше у мембран митохондрий и тилакоидов хлоропластов. По его мнению, большое значение для устойчивости против засухи имеет гидрофильность полимеров, вязкость и эластичность цитоплазмы [2]. Е. Маковски отмечал, что под влиянием неблагоприятных условий сначала разрушаются части биоструктуры, компоненты которых слабее связаны между собой, а те части биоструктуры, где взаимодействия компонентов прочнее, оказываются более устойчивыми [4].

Усиление взаимодействия воды и белков, следствием которого является увеличение содержания связанной воды, не приводит к торможению физиологических процессов, т. к. интенсивность этих процессов связана с оптимальным соотношением фракций свободной и связанной воды [3].

Содержание воды в тканях растений свидетельствует об их влагообеспеченности. Фракционный состав, соотношение фракций воды дает представление о напряженности водного баланса, водоудерживающей способности – защитной реакции организма в условиях нарушения водообмена [6; 7]. Это наиболее убедительная экологическая характеристика водного обмена растений.

Таким образом, растение при воздействии стрессового фактора функционально устойчиво. Неблагоприятное действие стресс-фактора зависит от степени, глубины и продолжительности этого действия, от физиологического состояния и биологических особенностей растения.

В Восточном Забайкалье на примере травянистых растений подробно изучался Е. П. Якимовой, Н. Е. Павловой (1989 г.) фракционный состав воды и влияние на него экологических факторов [6]. Сведений об особенностях водного режима древесных растений в региональной литературе недостаточно. К этой проблеме обращаются в своих работах Е. Б. Просянникова, Е. П. Якимова (2009 г.) [7]. Поэтому на данном этапе важно рассмотреть водный режим древесных растений, произрастающих в Восточном Забайкалье, и выявить механизмы, регулирующие водный обмен.

Целью нашей работы было определение фракционного состава воды в листьях древесных растений, произрастающих в г. Чите. В качестве объектов исследования мы взяли древесные растения, которые наиболее часто используются в озеленении нашего города: яблоню ягодную (*Malus baccata* (L.) Borkh), ильм приземистый (*Ulmus pumila* L.) и чере-

муху обыкновенную (*Padus avium* Miller). Исследования проводились в течение трех полевых сезонов (июль 2008–2010 гг.) на шести участках в г. Чите, один из которых является условно чистым (контроль), располагающимся на расстоянии 120 км от города: ул. Горького (парковая зона); ул. Карла Маркса (парковая зона); ул. Ярославского (вдоль автомагистрали); мкр. Северный (вдоль автомагистрали); район СибВО (вдоль автомагистрали); с. Беклемишево (контроль).

Определение фракционного состава воды проводили с использованием водоотнимающих средств по методике Г. А. Сулейманова. Содержание воды и ее фракционный состав определяли в листьях растений. Расчет проводили на сухую массу растений [8; 9]. Результаты исследования показали, что в целом содержание воды в листьях растений колеблется (80–170 %). Полученные данные указывают на достаточную увлажненность листьев растений.

Общее содержание воды в листьях черемухи обыкновенной на разных участках колеблется (88,6–122,5 %). Наибольшее количество воды в листьях данного растения наблюдается на контрольном участке (с. Беклемишево). Наименьшее – в парковой зоне по ул. Карла Маркса – 88,6 %. Высокие показатели содержания воды в листьях растений на всех опытных участках города показывают, что клетки растения достаточно увлажнены. Поддержание оптимальной водообеспеченности у черемухи обыкновенной в разных зонах произрастания определяется соотношением свободной и связанной воды в листьях растения. В условиях обитания, близких к естественным, свободная вода преобладает над связанной так, как в мкр. Северный (47,4 % – свободная вода, 36,06 % – связанная вода) и в с. Беклемишево (62,8 % – свободная, 36,5 % – связанная). Достаточная оводненность клеток листьев черемухи обыкновенной, произрастающей по ул. Карла Маркса, ул. Горького и СибВО, достигается за счет увеличения связанной воды (рис. 1). Это связано с тем, что улицы Карла Маркса и Горького – парковые зоны, ограниченные оживленными автомобильными дорогами и имеющие большую площадь асфальтового покрытия, а район СибВО лесная зона, но рядом проходит автомагистраль.

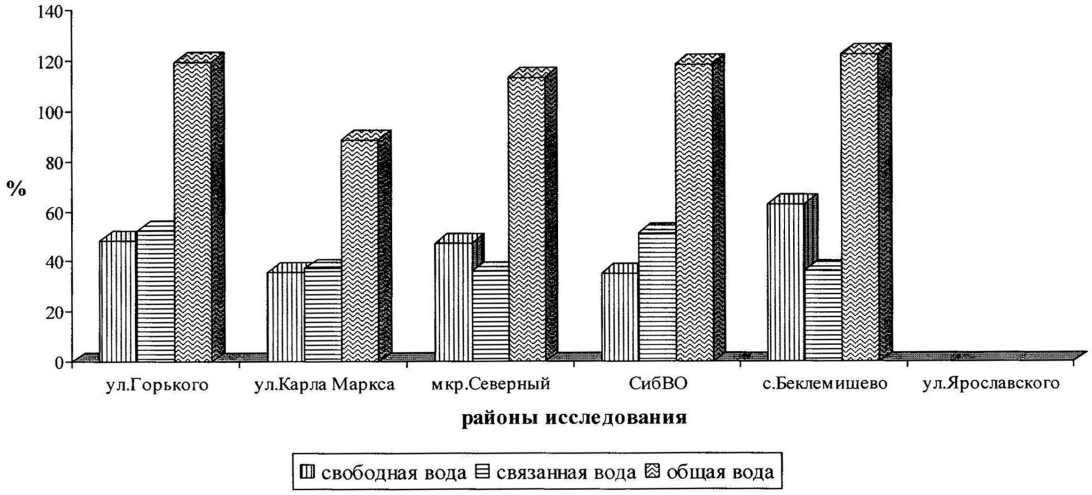


*Рис. 1.* Фракционный состав воды в листьях Padus avium Miller (2008–2010 гг.)

Общее содержание воды в листьях яблони ягодной колеблется (80,7–123 %). Яблоня ягодная адаптирована на всех исследуемых участках города. Об этом свидетельствует достаточная оводненность клеток растения и преобладание свободной фракции воды над связанной во всех районах исследования, кроме ул. Карла Маркса (рис. 2). Из-за большой площади асфальтового покрытия, загруженности ул. Карла Маркса автомобилями и соответственно повышенной загазованности у яблони ягодной относительно небольшое об-

щее содержание воды в листьях (93,07 %). Листья растения адаптируются к засушливому участку города за счет увеличения концентрации связанной воды над свободной. В р-не СибВО у яблони ягодной низкое содержание общей воды в листьях (80,7 %) и зафиксирована небольшая разница между свободной и связанной водой, что можно объяснить прохождением рядом автомагистрали (рис. 2).

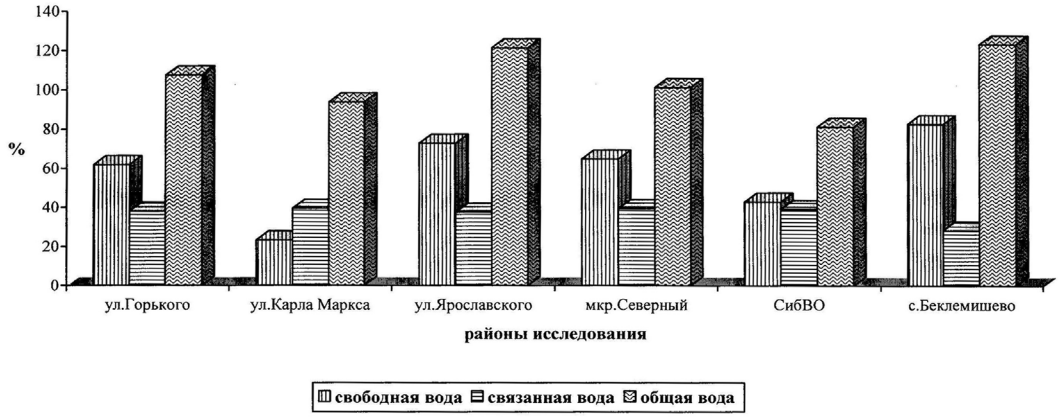


*Рис. 2.* Фракционный состав воды в листьях Malus baccata (L.) Borkh (2008–2010 гг.)

Общее содержание воды у листьев ильма приземистого колеблется (104–149,9 %). В соответствии с полученными данными лучшая оводненность листьев на 3 участках – с. Беклемишево, ул. Ярославского и ул. Горького (рис. 3). Но в листьях ильма приземистого, произрастающего по ул. Горького, ниже содержание свободной воды (59,9%) и выше содержание связанной (47,32 %) по сравнению с контрольным участком и ул. Ярославского. У экземпляров ильма приземистого, находящихся в р-не СибВО и по ул. Карла Маркса, относительно других опытных участков низкое содержание общей воды (104 % и 113,8 %) и преобладает связанная вода над свободной (рис. 3).

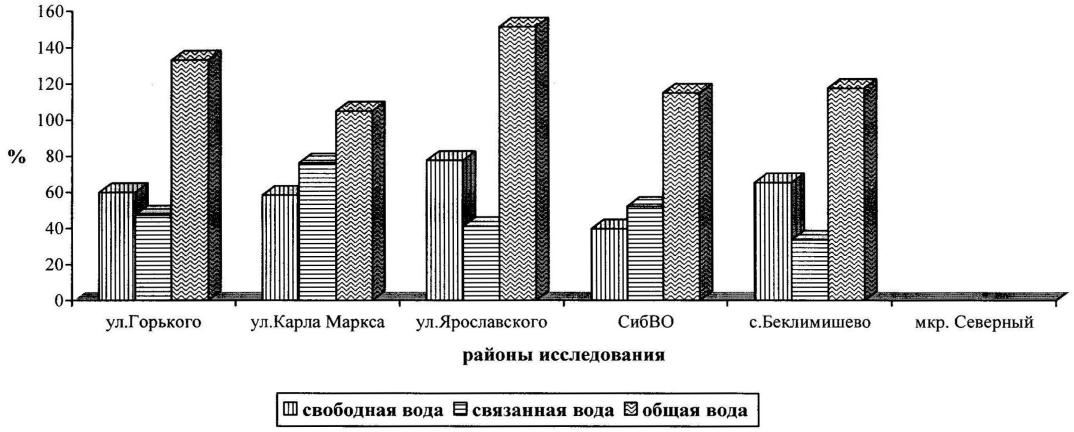


*Рис. 3.* Фракционный состав воды в листьях Ulmus pumila L. (2008–2010 гг.)

Анализ фракционного состава воды в листьях древесных растений, произрастающих в г. Чите, показал, что:

1. Наблюдаются высокие показатели содержания общей воды в листьях древесных растений на всех участках города, что указывает на достаточную оводненность клеток листьев у черемухи обыкновенной (Padus avium Miller), яблони ягодной (Malus baccata (L.) Borkh) и ильма приземистого (Ulmus pumila L.).

2. В целом городские условия удовлетворительны для жизнедеятельности древесных растений, т. к. содержание воды в листьях исследуемых растений, произрастающих на территории города, меньше, чем у растений в с. Беклемишево. Исключение составляет ильм приземистый, т. к. показатели содержания воды в листьях растений, обитающих на территории города, близки к контролю, а по ул. Горького и ул. Ярославского даже больше. Данная закономерность может быть объяснена анатомическим строением листовой пластинки ильма приземистого, имеющего ксероморфную структуру и исторически обладающего признаками мезоморфной структуры. Сохраняя память об исходных ильм предпочитает теплые и солнечные места обитания [1]. Лист ильма приземистого имеет признаки приспособления к недостатку увлажнения (толстая листовая пластинка, дорзовентральный тип мезофилла с четкой дифференциацией клеток на губчатую и столбчатую ткань кутикула, большое количество устьиц на нижней стороне эпидермиса, крупные эпидермальные клетки, трихомы), но для нормальной жизнедеятельности ильма приземистого в первую очередь важен температурный режим окружающей среды. На контрольном участке с. Беклемишево средняя температура воздуха за июль составила ±17 $^0$С, а в Чите – ±19,2 $^0$С [5]. Низкий температурный режим в с. Беклемишево по сравнению с г. Чита – причина более низкого содержания общей воды в листьях ильма приземистого по сравнению с участками в городе (ул. Ярославского, ул. Горького) (см.: рис. 3, табл. 1).

3. Исходя из анализа фракционного состава воды, можно отметить, что в условиях города оптимальными местами для изученных древесных растений является улица Ярославского, мкр. Северный. На этих участках у яблони ягодной, черемухи обыкновенной и ильма приземистого высокие показатели общей воды и преобладает свободная фракция воды над связанной. Парк по улице Горького располагается в центре города вдоль автомобильной дороги, что сказывается на жизнедеятельности древесных растений. Значительных изменений в водообеспеченности листьев ильма приземистого и яблони ягодной, произрастающих по ул. Горького, не отмечено, а у черемухи обыкновенной для обеспечения нормального водного режима наблюдается увеличение связанной воды. Парк по улице Карла Маркса располагается в кольце автомобильной дороги, район СибВО – лесная зона, хвойный лес, но рядом проходит главная автомагистраль. Выхлопные газы, загазованность, большая площадь асфальтового покрытия на ул. Карла Маркса и в р-не СибВО, увеличение температурного режима сказываются на водном режиме изученных растений. У яблони ягодной, черемухи азиатской и ильма приземистого на данных опытных участках содержание общей воды ниже по сравнению с другими участками в городе, и как адаптационный признак можно выделить увеличение концентрации в листьях этих растений связанной воды.

4. Наиболее устойчивым видом является ильм приземистый. Ильм приземистый лабилен и быстро адаптируется к меняющимся условиям. Также хорошо адаптируется в городских условиях черемуха обыкновенная на таких урбанизированных участках, как ул. Карла Маркса, СибВО и ул. Горького. У растений наблюдается преобладание связанной воды в листьях. Яблоня ягодная менее устойчива в городских условиях, о чем свидетельствует более низкое содержание общей воды в листьях по сравнению с черемухой обыкновенной и ильмом приземистым. У экземпляров яблони ягодной, произрастающих в р-не СибВО, отмечен самый низкий показатель содержания общей воды в листьях по сравнению с другими исследуемыми видами и опытными участками, преобладает фракция свободной воды над связанной.

Таким образом, изученные виды растений можно рекомендовать к использованию для озеленения города. Однако наиболее лучшие адаптационные возможности у ильма приземистого (Ulmus pumila L.).

**Список литературы**

1. Бутина Н. А. Ильмовники восточного Забайкалья: анализ флористического и фитоценотического разнообразия, биоэкологические особенности видов рода *Ulmus L.*: дис. … канд. биол. наук. Улан-Удэ, 2009.

2. Гекель П. А. Физиология жаро- и засухоустойчивости растений. М.: Наука, 1982. 280 с.

3. Жолкевич В. Н. Водный обмен растений. М.: Наука, 1989. 256 с.

4. Маковски Е. Природа и структура живой материи. Бухарест: Изд-во АН Румынии, 1976. 210 с.

5. Метеорологический ежегодник Вып. 23а. II ч.: июль / отв. ред. А. И. Гренчишина. Чита: Изд-во Забайкал. территор. управления по гидрометеорологии, 2008–2009.

6. Павлова Н. Е., Якимова Е. П. Осеннее-зимний покой степных растений Забайкалья. Чита: Изд-во ЗабГГПУ, 2004. 73 с.

7. Анализ состояния древесных растений, произрастающих на территории пл. Декабристов (г. Чита) // Проблемы озеленения городов Сибири и сопредельных территорий: материалы междунар. науч.-практ. конф. (Чита, 14–16 сентября 2009 г.) / редкол. О. А. Попова [и др.]. Чита, 2009. С. 89–92.

8. Сулейманов И. Г. Состояние и роль воды растений. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1972. С. 3–38.

9. Сулейманов И. Г. Структурно-физические свойства протоплазмы и ее компонентов в связи с проблемой морозоустойчивости культурных растений. Казань, 1964. С. 139–165.