УДК 574.24; 574.633

ОТВЕТНЫЕ БИОХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ РАСТЕНИЙ ИЗ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ВОДОЕМОВ Г. ТЮМЕНИ

Корнилов А. Л.[1], Петухова Г. А.[1], Коваленко А. И.[2]

[1]*ГОУ ВПО «Тюменский государственный университет», Тюмень, Россия (625003, Тюмень, ул. Семакова, 10), e-mail: lelik_tgu@mail.ru*
[2]*ФГУП «Госрыбцентр», Тюмень, Россия (625023, Тюмень, ул. Одесская, 33), e-mail: g-r-c@mail.ru*

Изучено общее состояния поверхностных бессточных водоемов г. Тюмени по гидрохимическим показателям воды и изменениям концентраций пигментов фотосинтеза у доминантных растений из прибрежных зон исследуемых водоемов. Показано наличие в водоёмах как техногенного, так и биогенного загрязнения. Все исследуемые водоёмы имеют в той или иной степени превышение ПДК по нескольким показателям. Изучены концентрации пигментов фотосинтеза доминантных растений из прибрежной зоны водоемов г. Тюмени. Общая концентрация пигментов фотосинтеза в листьях доминантных растений отражает большую нагрузку антропогенного характера на районы оз. Кучак и Оброчное по сравнению с показателями растений из районов пр. Южного и оз. Муллаши. Наряду со снижением суммарных концентраций пигментов фотосинтеза клевера и стрелолиста выявлено увеличение суммарной концентрации пигментов фотосинтеза в листьях подорожника из береговой зоны одних и тех же водоемов.

Ключевые слова: фотосинтез, биотестирование, окружающая среда, приводная и водная растительность.

RESPONSE BIOCHEMICAL REACTIONS OF PLANTS FROM COASTAL WATERS TYUMEN

Kornilov A. L.[1], Petuhova G. A.[1], Kovalenko A. I.[2]

[1]*Tyumen state university, Tyumen, Russia (625003, Tyumen, Semakova Street, 10), e-mail: lelik_tgu@mail.ru*
[2]*Statefishcent, Tyumen, Russia (625023, Tyumen, Odessa Street, 33), e-mail: g-r-c@mail.ru*

Study the overall status of surface water drainage by hydrochemical Tyumenindicators of water and changes in the concentrations of pigments of photosynthesis in plants of the dominant coastal waters studied. Shown the presence of man-made reservoirs as well as nutrient pollution. All investigatedwaters have varying degrees MPC on several indicators. Studied the concentration of photosynthetic pigments of dominant plants of the coastal waters of Tyumen. The total concentration of pigments of photosynthesis in the leaves of dominant plantsreflects a greater load on the areas of man-made lake. Kuchak and quit-rentcompared to plants from areas of the South and Lake Ave. Mullashev. Along with the reduction in the total concentrations of photosynthetic pigments and the cloversarrowhead found an increase in the total concentration of pigments of photosynthesis in the leaves of the plantain from the coastal zone of the samewaters.

Key words: photosynthesis, biotesting, environment, drive and aquatic vegetation.

Введение

Природные компоненты и природные ресурсы в городе Тюмени испытывают постоянное мощное и прогрессирующее воздействие со стороны промышленных предприятий, энергетики и транспорта – главных доноров-загрязнителей атмосферы, поверхностных и подземных вод, почвенного и растительного покрова [2]. Приводная и водная растительность является хорошим биоиндикатором состояния окружающей среды.

Фотосинтез является одним из наиболее чувствительных процессов к действию чужеродных веществ [1]. Токсиканты, подавляя фотосинтетический аппарат, изменяют пигментный состав листьев растений. Природа фототоксикантов при этом может быть различной [6]. При действии токсикантов быстро разрушаются хлорофилл А и каротиноиды, меньше – хлорофилл В [4].

Целью работы являлась оценка состояния водоемов г. Тюмени по изменениям концентраций пигментов фотосинтеза (ПФ).

Содержание пигментов фотосинтеза – хлорофилла и каратиноидов – определяли при помощи спектрофотометра по стандартной методике [7].

Исследования состояния водоемов (4 озера и 2 пруда) проводили по доминантным растениям (клевер ползучий (Trifolium repens) и подорожник большой (Plantago major)) в прибрежной зоне (расстояние 1–2 метра от летней межени водоема) и по высшим водным растениям (стрелолист обыкновенный (Sagittaria sagittifolia)).

Оз. Муллаши и Кучак находятся за пределами города (около 20 км). На территории этих водоемов устроены базы отдыха, биостанция с прилегающим дачным поселком. Пруд Лесной и озеро Круглое расположены в зеленой части города и тем самым являются зонами отдыха. Вблизи пруда Лесного расположена ТЭЦ-2. Озеро Круглое имеет в качестве источника загрязнения водный транспорт. Пруд Южный расположен в жилом массиве. Озеро Оброчное является водоемом охладителем ТЭЦ-1 и расположено рядом с ней. Через него проходит автомобильная трасса.

Был проведен гидрохимический анализ проб воды из исследуемых водоемов (табл. 1). Все пробы из исследуемых водоемов имеют отклонения гидрохимических показателей от ПДК. В трех водоемах обнаружено отклонение индексов pH воды от нормативов: в одном водоеме (оз. Муллаши) – кислая среда за счет сульфатов. В двух других (пр. Лесной и оз.Кучак) – щелочная среда, возможно, за счет интенсивного «цветения» воды (фотосинтеза) и, как следствие, уменьшение содержания углекислого газа. Пруд Лесной находится в зеленом массиве города, однако по некоторым гидрохимическим показателям выявлено превышение ПДК. Превышение ПДК по содержанию железа имеют все водоемы, кроме пр. Южного и оз. Муллаши, а по органическим веществам – все изучаемые водные объекты, кроме оз. Муллаши. Выявлено превышение ПДК биогенных ионов (NH4+, NO2-, Fe, PO43- и др.) в оз. Оброчное, Круглое и Муллаши. Превышение ПДК [3] по нефтепродуктам (скорей всего, природным фенолам) наблюдается в оз. Круглое и Кучак, пр. Лесном (табл. 1). Возможно, что природные фенолы появились вследствие разложения органического вещества. Общий анализ показал, что озера Кучак, Оброчное и Круглое – самые загрязненные, хотя и разными компонентами. Самым благополучным по гидрохимическим показателям воды оказался пр. Южный [3] и, в связи с этим, был выбран как контрольный водоем.

Все обследованные водоемы относятся к пресным, мало (оз. Муллаши, Оброчное, Круглое и пр. Лесной) и средне минерализованным (оз. Кучак и пр. Южный). По солевому составу водоемы преимущественно гидрокарбонатно-кальциевые. Один водоем (оз. Мулла-

ши) сульфатно-магниевый. Минимальные значения химических показателей солевого состава, фиксировались в воде озера Мулаши, максимальные – в пр. Южном.

Оценка состояния пигментной фотосистемы растений позволяет проследить за их ответными реакциями на загрязнение водоемов. Система фотосинтеза как одна из основных систем жизнеобеспечения растений быстро реагирует на любые, даже небольшие изменения среды [4].

В листьях клевера ползучего из четырёх обследуемых водоемов (оз. Муллаши, пр. Лесного, оз. Кучак и Оброчного) отмечено повышение суммарной концентрации ПФ (рис. 1) по отношению к показателям растений из района пр. Южный ($P<0.05$). Сходные ответные реакции у стрелолиста ($P<0.05$), произрастающего в исследуемых водоемах. В качестве контроля у стрелолиста использовали растения из оз. Муллаши, в котором встречался стрелолист. Ответные реакции в листьях клевера были более выражены по сравнению со стрелолистом.

Высокая суммарная концентрация пигментов фотосинтеза у изучаемых растений может быть связана с активизацией фотосинтетического аппарата, спровоцированным высоким содержанием фенолов (определяемых как нефтепродукты), а также превышением норм ПДК органических и взвешенных веществ в водоемах и их окрестностях (табл. 1).

Из литературы [4,6] известно, что поллютанты могут обладать стимулирующим эффектом. Такими поллютантами могут быть различные типы биогенов, ионов, биогенных ионов. Повышение концентрации пигментов фотосинтеза может быть связано как с «цветением» воды и повышением содержания таких веществ, как природные фенолы (определялись как нефтепродукты), железо, азот аммонийный, фосфат-ион, а также с повышенной температурой воды оз. Оброчное (водоем – охладитель ТЭЦ-1), ускоряющей обменные процессы у растений.

Анализ суммарной концентрации ПФ в листьях подорожника показал, что наименьшие её величины были у растений из прибрежных зон оз. Муллаши, Круглое, Оброчное, Кучак и пр. Лесного по отношению к пр. Южному ($P<0.05$). Следует обратить внимание на разнонаправленность ответных реакций растений. Наряду с повышением суммарных концентраций ПФ клевера и стрелолиста, выявлено снижение изучаемого показателя в листьях подорожника из прибрежных зон одних и тех же водоемов. Это может говорить о разных ответных реакциях этих растений на загрязнение.

Таблица 1

Химические показатели исследуемых водоемов г. Тюмени, мг/дм^3

Показатели	ПДК*	Водоемы

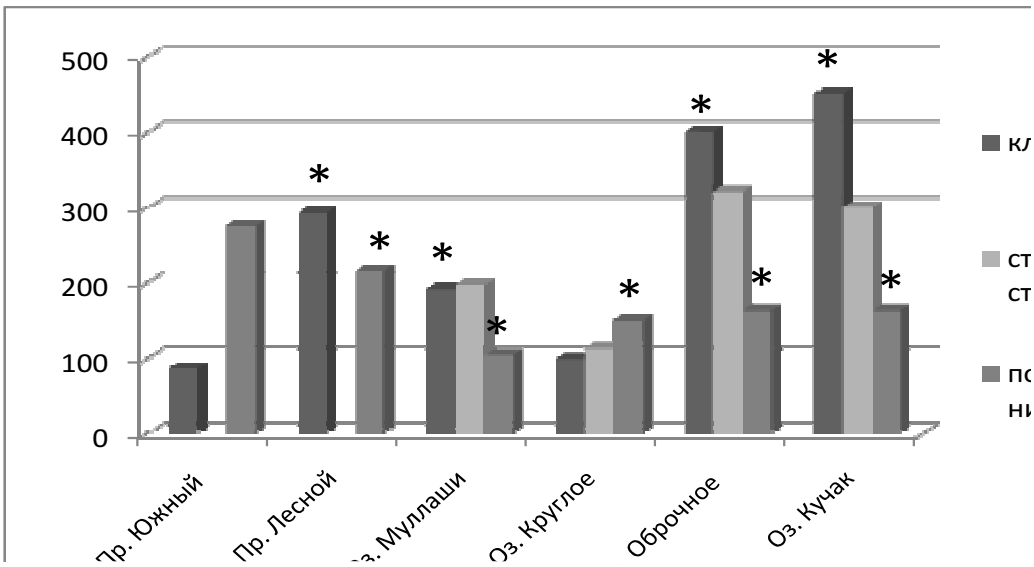
		Лес-ной	Муллаши	Кучак	Круглое	Оброчное	Южный
pH, ед. pH	6,5-8,5	**9,17**	**5,46**	**8,88**	7,29	7,35	7,06
Азот аммоний-ный	0,39	0,09	**0,42**	0,09	0,36	**0,73**	0,07
Азот нитрит-ный	0,02	0,01	0,012	0,0006	**0,14**	0,019	0,015
Азот нитрат-ный	9,1	0,1	0,01	0,01	0,14	0,36	0,01
Железо общее	0,1	**0,42**	0,1	**0,18**	**0,35**	**0,35**	0,01
Фосфат-ион	0,2	0,18	0,005	0,005	0,12	**0,35**	0,005
Окисляемость перм.	-	8,8	5,54	11,88	16,63	21,38	6,35
$БПК_5$	2,0	**5,7**	1,78	**4,42**	**4,19**	**5,75**	**2,18**
Жесткость об-щая, ммоль/$дм^3$ экв.	-	1,9	1,6	2,8	1,8	1,7	4,4
Гидрокарбона-ты	-	48	6,1	164,75	85,43	79,33	213,57
Карбонаты	-	12,2	-	9	-	-	-
Кальций	180	20,04	12,02	30,06	28,06	24,05	42,08
Магний	40	10,94	12,16	15,81	4,86	6,08	27,97
Сульфаты	100	1,83	63,88	2,74	7,3	11,86	4,56
Хлориды	300	7,09	7,09	17,73	10,64	7,09	63,81
Na+K	120+40	3,45	0,75	18,93	1,3	1,18	24,88
Сумма ионов	100-500	103,55	102	259,02	137,59	129,59	376,86
Цветность, град.	20	**45**	10	**45**	**122**	**90**	19
Нефтепродукты	0,05	**0,1**	0,02	**0,28**	**0,07**	0,02	0,03
Взвешенные вещества	0,75	**12**	<0,5	**41,6**	**7**	**10,7**	**20,1**

Примечание:

* – предельно допустимая концентрация компонента дана для водоёмов рыбохозяйственного значения; жирным шрифтом выделены показатели, отклоняющиеся от ПДК.

Хлорофилл А – это основной пигмент фотосинтеза, хлорофилл В – вспомогательный пигмент фотосинтеза, а каротиноиды, помимо вспомогательной функции в работе фотопигментного аппарата, являются одними из основных компонентов системы антиоксидантоной защиты растений [1,4].

Исходя из того, что концентрации хлорофиллов А, В и каротиноидов в листьях клевера из прибрежной зоны оз. Оброчного и оз. Кучак (рис.2) были наиболее высокими ($P<0.05$) из изучемых образцов, что, возможно, связано с ответной реакцией растений на интенсивное загрязнение вод из озёр Кучак и Оброчное главными ионами.



Примечание:
* – статистически достоверные различия по отношению к пр. Южному, при P<0.05.

Рис. 1. Суммарные концентрации ПФ в листьях некоторых растений исследуемых водоемов

Нужно отметить, что наибольший вклад вносят в увеличение количества пигментов хлорофилл А и каротиноиды. Обращает внимание тот факт, что концентрации хлорофилла А и каротиноидов различаются у растений из районов оз. Кучак и Оброчное. В оз. Кучак заметное увеличение концентрации хлорофилла А над каротиноидами, что возможно связано с потребностями в большом количестве органических веществ для производства энергии растениями в условиях загрязнения.

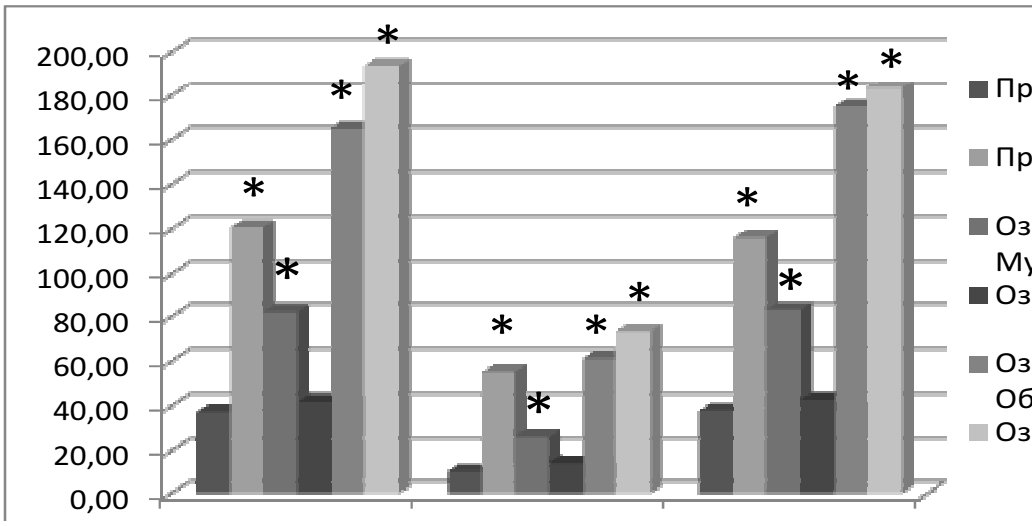
Растения тем самым пытаются компенсировать сниженное поступление света. Растения из оз. Оброчное имеют превышение концентрации каротиноидов над хлорофиллом А, что говорит об интенсивной работе защитных систем организма.

В листьях клевера из четырёх обследованных водоемов (оз. Муллаши, Оброчное, Кучак и пр. Лесной) концентрация хлорофилла В является высокой (P<0.05) по отношению к показателям растений из района пр. Южного.

Высокая концентрация ПФ у растений может объясняться тем, что, возможно, метаболические реакции организмов в условиях загрязнения среды активизированы и, как следствие, работают с дополнительной нагрузкой на фотосинтетический аппарат растений.

В связи с отсутствием стрелолиста в прибрежной зоне пруда Южный мы сравнивали показатели пигментной системы растений из четырёх водоёмов, принимая показатели растений из района оз. Муллаши как контрольные. Увеличения концентраций хлорофиллов А, В и каротиноидов (рис. 3) в листьях стрелолиста обыкновенного из исследуемых районов аналогичны показателям, которые зарегистрированы у клевера (P<0.05). Однако у растений из района оз. Круглое изучаемые показатели статистически достоверно ниже контроля, что

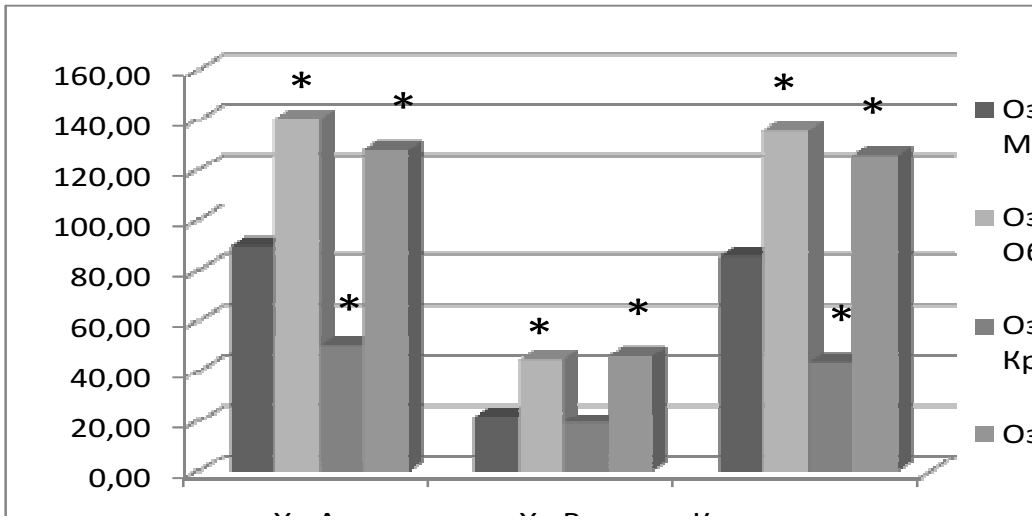
отличает реакцию пигментных систем клевера и стрелолиста. Вероятно, на стрелолист и клевер действуют загрязнения изучаемых водоёмов, которые имеют разное происхождение, но возможно близки по природе.



Примечание:

* – статистически достоверные различия по отношению к пр. Южному, при P<0.05.

Рис. 2. Концентрация пигментов фотосинтеза в листьях клевера из районов исследования

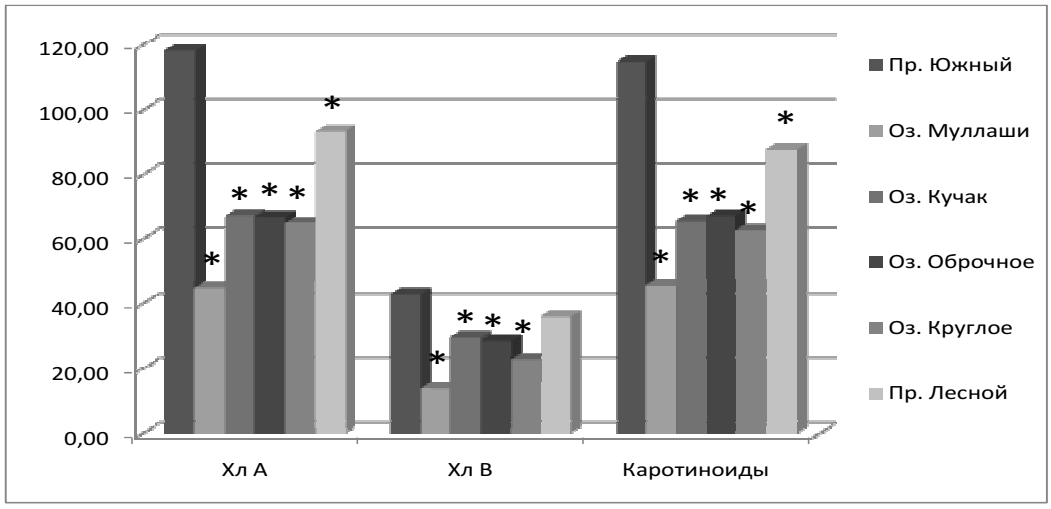


Примечание:

* – статистически достоверные различия по отношению к оз. Муллаши, при P<0.05.

Рис. 3. Концентрация пигментов фотосинтеза в листьях стрелолиста обыкновенного (Sagittaria sagittifolia) из исследуемых районов

Из рисунка 4 видно, что в листьях подорожника большого концентрации хлорофиллов А, В и каротиноидов имели схожую картину изменения с суммарной концентрацией подорожника (P<0.05). Изучение содержания хлорофилла В у подорожника из прибрежных зон озер – Оброчное, Круглое, Кучак и Муллаши, показало, что концентрация пигмента была меньше у растений из районов этих водоемов (P<0.05), чем у растений из прибрежного района пр. Южного.



Примечание:

* – статистически достоверные различия по отношению к пр. Южному, при P<0.05.

Рис. 4. Концентрация пигментов фотосинтеза в листьях подорожника из районов исследования

Концентрации пигментов у растений из районов озер Круглое и Оброчное были одинаковы (P>0.05). Соответственно, растения не испытывают энергетического «голода» по отношению к растениям, произрастающим в прибрежной зоне пр. Южный. Следовательно, пигментные системы растений обеспечивают организм необходимыми органическими веществами.

Заключение

Гидрохимические показатели свидетельствуют о том, что каждый из изучаемых водоёмов подвержен различным загрязнениям со стороны человека. В меньшей степени техногенному воздействию подвержены такие водоёмы, как: оз. Муллаши, пр. Южный, которые относятся к разным группам и классам; а сильному воздействию подвержены оз. Кучак, Оброчное, Круглое.

Общая концентрация пигментов фотосинтеза в листьях клевера и стрелолиста увеличивается у растений из районов оз. Кучак и Оброчное по сравнению с показателями у этих видов с пр. Южного и оз. Муллаши.

Показано, что наименьшие величины суммарной концентрации пигментов фотосинтеза в листьях подорожника были у растений из прибрежных зон оз. Муллаши, Круглое и Оброчное по отношению к пр. Южный.

Ответные реакции растений имеют разнонаправленный характер. Наряду со снижением суммарных концентраций ПФ клевера и стрелолиста выявлено увеличение суммарной концентрации ПФ в листьях подорожника из береговой зоны одних и тех же водоемов. В дальнейших исследованиях необходимо использовать большее количество биоиндикаторов.

Список литературы

1. Антипов В. Г. Устойчивость древесных растений к промышленным газам: учеб. пособие. – М.: Высшая школа, 1983. – 174 с.

2. Гусейнов А. Н. Экология города Тюмени: состояние, проблемы. – Тюмень: Издательская фирма «Слово», 2001. – 176 с.

3. Перечень рыбохозяйственных нормативов предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. – М.: ВНИРО, 1999. – 304 с.

4. Полевой В. В. Физиология растений: учеб. пособие. – М.: Высшая школа, 1989. – 378 с.

5. Рождественский М. И. Отчет о Научно-исследовательской работе по теме "Устройство водоемов г. Тюмени"/ М. И. Рождественский, С. П. Никонов, В. Н. Шулаев. – Тюмень: СИБРЫБНИИПРОЕКТ, 1991. – 81 с.

6. Шлык А. А. Биосинтез и состояние хлорофилла в растении: учеб. пособие / А. А. Шлык, С. Е. Грудникова, С. А. Михайлова. – Минск: Наука и техника, 1981. – 248 с.

7. Шульгин И. А. Расчет содержания пигментов с помощью номограмм / И. А. Шульгин, А. А. Ничипорович // Хлорофилл. – Минск: Наука и техника, 1974. – С.127-136.

Рецензенты:

Боме Нина Анатольевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой ботаники, биотехнологии и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВПО Тюменский государственный университет, ИМЕНИТ, отделение биологии, г. Тюмень.

Турсунбекова Галина Шалкаровна, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры экологии и рационального природопользования Агротехнологического института, ФГБ ОУ ВПО Тюменская сельскохозяйственная академия, г. Тюмень.