

Влияние транспортной нагрузки и атмосферного загрязнения на показатель флуктуирующей асимметрии березы плосколистной на территории Алданского района Республики Саха (Якутия)

Е.Г. Шадрина^{*}, Е.Н. Луцкан^{**}

^{*}Северо-Восточный федеральный университет, г. Якутск

^{**}Министерство охраны природы Республики Саха (Якутия), г. Якутск

Проведена оценка качества среды по показателю флуктуирующей асимметрии (ФА) березы плосколистной на территории г. Алдана и вдоль автотрассы федерального значения «Лена». Исследовано 23 пробы (21 150) листьев березы, собранных в пределах природных и селитебных территорий Алданского района Республики Саха (Якутия), проведен подсчет транспортной нагрузки и анализ статистических данных по загрязнению атмосферного воздуха г. Алдана. На территории г. Алдана основными загрязнителями атмосферного воздуха являются котельные, работающие на угле, и автотранспорт. Показатель ФА березы плосколистной на исследуемой территории варьировал в пределах 0,045–0,061. Выявлена зависимость показателя ФА от загрязнения атмосферного воздуха, причем основной вклад вносит число дней с превышениями ПДК по взвешенным веществам. Транспортная нагрузка для исследуемой территории невысока – 20–148 единиц автотранспорта в час, что с учетом коэффициентов токсичности составляет 31–247 баллов. Отмечено влияние на показатель ФА близости к проезжей части дороги и состояния дорожного покрытия. Высокие показатели ФА характерны для деревьев, произрастающих вдоль дорог и улиц с гравийным покрытием, что свидетельствует о негативном влиянии запыления на стабильность развития древесных растений. Для дорог с асфальтовым покрытием негативное влияние автотранспорта проявляется при нагрузке свыше 100 автомашин в час (свыше 150 баллов). Наиболее значительные отклонения от нормы характерны для точек, расположенных вдоль федеральной автотрассы, где отмечена тесная корреляционная зависимость между показателем ФА и интенсивностью транспортной нагрузки.

Ключевые слова: биоиндикация, флуктуирующая асимметрия, оценка качества среды, береза плосколистная, транспортная нагрузка.

Influence of Traffic Load and Air Pollution on Fluctuating Asymmetry Level in the Japanese White Birch on the Territory of the Aldan Raion of the Republic of Sakha (Yakutia) (Yakutia) Republic

E.G. Shadrina^{*}, E.N. Lutskan^{**}

^{*}North-Eastern Federal University, Yakutsk

^{**}Ministry of Nature Conservation of the Sakha (Yakutia) Republic, Yakutsk

Environmental quality on the territory of Aldan town and along the federal highway «Lena» has been assessed using fluctuating asymmetry (FA) level in the Japanese white birch. Twenty three samples (21 150) of birch leaves collected in undisturbed and residential areas of the Aldan raion of the Sakha (Yakutia) Republic have been examined, traffic load has been estimated, and statistical data on air pollution of Aldan city have been analyzed. The major air pollutants on the territory of Aldan are coal boiler stations and motor transport. FA level of the Japanese white birch on the examined territory varied within 0,045–0,061. A dependency of FA level on air pollution was revealed, with the main factor being the number of days when maximum permissible concentration (MPC) of particulate matter was exceeded. Traffic load of the territory in this study was not high: 20–148 vehicles per hour, which with toxicity coefficients taken into account equals 31–247 points. FA level was noted to be influenced by the proximity to the roadway and the condition of the

^{*}ШАДРИНА Елена Георгиевна – д.б.н., проф., e-mail: e-shadrina@yandex.ru; ^{**}ЛУЦКАН Евгения Николаевна – вед. специалист, e-mail: elutskan@mail.ru.

road surface. High FA levels are characteristic of the trees growing along the roads and streets with gravel surface, which indicates negative influence of dust pollution on developmental stability of trees. For the roads with asphalt surface, negative influence of traffic load manifests itself when it is higher than 100 vehicles per hour (more than 150 points). The most significant deviations from the normal FA level are characteristic of the points along the federal highway, where close correlation between FA level and traffic load was registered.

Key words: bioindication, fluctuating asymmetry, environmental quality assessment, Japanese white birch, traffic load.

Введение

Для современного этапа развития человечества характерен быстрый рост числа и размеров городов: по сравнению с сельской местностью здесь больше возможностей для разностороннего образования, выбора профессии, приобщения к культурным ценностям. Рост концентрации людей, промышленных предприятий и автомобилей сопровождается значительными изменениями пригородных ландшафтов и условий в городах и пригородах, а также ухудшением экологического качества городской среды. Согласно современной классификации, города Российской Федерации делятся на шесть категорий по численности населения: малые – с численностью до 20 тыс. жителей, средние – до 100 тыс., большие – более 100 тыс., крупные – более 250 тыс., крупнейшие – от 500 тыс. до 1 млн и города-миллионеры – более 1 000 000 жителей [1]. Считается, что степень сложности экологических проблем города находится в прямой зависимости от его величины, однако даже на территории малых и средних городов антропогенное воздействие приводит к трансформации всех компонентов экосистем и ухудшению качества среды. Большинство городов на территории Республики Саха (Якутия) относятся к категории малых и средних – их население редко превышает 20 тыс. человек. К таким относится г. Алдан с численностью населения 26 800 человек [2].

Необходимо отметить, что для территории Алданского района характерна высокая степень антропогенной освоенности, особенно восточной и центральной частей, где сосредоточены основное население района, предприятия золотодобывающей промышленности, проходит федеральная автодорога. Дальнейшее промышленное развитие региона неизбежно приведет к расширению площади антропогенно трансформированных территорий и обострению экологических проблем, поэтому мы считаем, что к числу наиболее актуальных задач в области экологии и охраны окружающей среды для территории Южной Якутии относятся: оценка современного состояния среды, вычленение значимых факторов, влияющих на нее, а также проблема выбора методов для объективной оценки суммарного негативного воздействия.

Для селитебных территорий в целом характерно одновременное действие множества экологических факторов, и только использование методов биоиндикации позволяет оценить суммарное негативное воздействие на организм и экосистему. Один из наиболее удобных подходов к оценке состояния наземных экосистем – морфогенетический, при котором оценивается стабильность развития организма по морфологическим показателям, а в качестве основного критерия используется флуктуирующая асимметрия (ФА) [3, 4]. Известно, что флуктуирующая асимметрия является чутким индикатором благоприятности условий среды для существования животных и растений: в оптимальных и близких к таковым условиям ее величина минимальна, но возрастает при любом стрессующем воздействии природного или антропогенного характера [5–7]. Данная методика хорошо зарекомендовала себя при оценке различных негативных антропогенных воздействий на территории гг. Москвы, Калуги, Саратова, Читы, Томска, Астрахани, Нарофоминска [8–15], а также на территории Якутии – для гг. Якутска, Мирного, Алдана [16–18].

Целью нашей работы была оценка влияния транспортной нагрузки и атмосферного загрязнения на показатель флуктуирующей асимметрии березы плосколистной, свидетельствующий о нарушениях стабильности развития организма, на примере Алданского района.

Материал и методика исследований

Оценка качества среды на территории Алданского района проводилась по показателям нарушения стабильности развития [3, 4], в качестве основного критерия рассматривали величину (ФА). В качестве объекта исследований выбрана береза плосколистная (*Betula platyphylla* Sukacz.), что объясняется широким распространением вида на территории Якутии, в том числе и в районе исследований. Материал собран в период 2010–2013 гг. в пределах природных и селитебных территорий Алданского района. Сбор материала проводили согласно методике оценки состояния популяций по показателям нарушения стабильности развития [3, 4], после полной остановки роста листьев (начиная с середины июля), с укороченных по-

ВЛИЯНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ НАГРУЗКИ И АТМОСФЕРНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛЬ

бегов в нижней части кроны дерева равномерно по всему периметру. В каждой точке собрано по 10 листьев с 5–10 деревьев. Всего за период исследований собрано и промерено 2 150 листьев.

Для оценки величины ФА использовали признаки строения и жилкования листовой пластинки [3, 4]. Листья промеряли в программе Bio, после сканирования с помощью программы ABBYY FineReader 9.0 на сканере Brother DCP-7057R, линейные измерения производили с точностью до 0,1 мм, угловые – до 0,1°. Для оценки качества среды применялась шкала, предложенная В.М. Захаровым с соавторами [3] для березы повислой, согласно которой выделяются пять градаций от условно нормального (показатель ФА менее 0,040) до критического (показатель ФА более 0,055).

Оценка транспортной нагрузки проводилась в 2013 г. на 10 участках путем подсчета автотранспорта в часы пик (с 8 до 9 ч утра). Подсчитывалось число автомашин, проезжающих по улице в обе стороны за 15 мин, затем производился перерасчет на количество автомашин в час [19]. Кроме того, для оценки влияния автотранспорта использовали балльную шкалу коэффициента токсичности по выбросам в атмосферный воздух оксида углерода (СО) для автотранспорта, работающего на бензиновом и дизельном топливе [20]. При этом коэффициент токсичности легкового автомобиля принимается за единицу, остальных видов транспорта – от 0,2 до 3,7 в зависимости от расчетного числа выбросов оксида углерода в единицу времени. Для оценки статистической значимости различий при попарном сравнении применяли критерий Стьюдента, для анализа корреляционной зависимости – коэффициент корреляции Пирсона и ранговый коэффициент корреляции Спирмена [21].

Обсуждение результатов

Для исследованной территории в целом характерны относительно высокие показатели ФА (0,046–0,061), соответствующие III–V баллам качества среды по шкале В.М. Захарова с соав-

торами [3], что свидетельствует о неблагоприятном состоянии организма. Ранее уже высказывалось мнение, что высокие показатели ФА на территории Алданского района могут быть связаны с длительным антропогенным воздействием, в частности золотодобывающей промышленностью, относительно высоким радиационным фоном, местной геохимической спецификой территории [22, 23]. Наши данные 2010–2013 гг. также подтверждают эту особенность, которую необходимо учитывать при биоиндикационных исследованиях региона.

Влияние загрязнения атмосферного воздуха. Известно, что основными источниками загрязнения атмосферного воздуха в городе являются промышленные предприятия и автомобильный транспорт. Нами проанализированы статистические данные по экологической обстановке на территории Алданского района за период 2010–2013 гг. Основную долю в атмосферных выбросах загрязняющих веществ от стационарных источников составляют оксид углерода и углеводороды, основным источником загрязнения атмосферы на территории г. Алдана являются многочисленные мелкие котельные, работающие на нерюнгринском угле с зольностью до 35% и более [24]. По данным мониторинга, проводимого санитарно-гигиенической лабораторией ФБУЗ «ЦГиЭ в РС (Я)», г. Алдан является неблагоприятной территорией по уровню загрязнения атмосферного воздуха, наиболее значительное загрязнение отмечено в 2011 г. Приоритетными загрязняющими веществами являются взвешенные вещества, а также газообразные примеси (SO₂, CO, NO₂). Нами проанализирована возможная связь между суммой превышений ПДК по трем загрязняющим веществам (взвешенные вещества, CO, NO₂) и показателями ФА березы плосколистной. Для анализа выбран пост ФБУЗ «ЦГиЭ в РС (Я)» на территории г. Алдана, вблизи которого находятся три мониторинговых пункта наших исследований (табл. 1). Сопоставление числа дней превыше-

Таблица 1

Сравнение показателя ФА с атмосферным загрязнением на территории г. Алдана

Год	Доля проб с превышениями ПДК				Показатель ФА		
	Всего	Взвешенные	СО	NO ₂	Т. 1	Т. 2	Т. 3
2010	0,03	0,03	0,00	0,00	0,051	0,047	0,052
2011	0,20	0,15	0,05	0,00	0,054	0,051	0,054
2012	0,15	0,05	0,05	0,05	0,052	0,048	0,051
2013	0,00	0,00	0,00	0,00	0,052	0,048	0,048
<i>Коэффициент корреляции Пирсона:</i>							
ФА – доля проб с превышением ПДК суммарная					0,77	0,77	0,74
ФА – доля проб с превышением ПДК по взвешенным веществам					0,88	0,91	0,86
<i>Коэффициент корреляции Спирмена:</i>							
ФА – доля проб с превышением ПДК суммарная					0,63	0,63	0,80
ФА – доля проб с превышением ПДК по взвешенным веществам					0,63	0,63	0,80

ний ПДК с показателями ФА выявило по показателю Пирсона тесные корреляционные связи для всех трех точек (0,74–0,77). При этом анализ по компонентам загрязнения выявил, что основной вклад в корреляцию вносит число дней с превышением ПДК по взвешенным веществам (пыли).

Вторым по значимости фактором загрязнения атмосферы на территории Алданского района являются выбросы автомобильных двигателей. Оценка транспортной нагрузки проводилась на территории гг. Алдана и Томмота, с. Якокита, пос. Нижнего Куранаха (табл. 2). Транспортную нагрузку исследуемой территории можно охарактеризовать как невысокую: по литературным данным, низкая интенсивность движения составляет 2,7–3,6 тыс. автомобилей в сутки, средняя – 8–17 тыс. и высокая – 18–27 тыс. [19], тогда как для исследуемой территории максимальная интенсивность движения составила 3,5 тыс. единиц транспорта в сутки.

Т а б л и ц а 2
Сравнение показателя ФА березы плосколистной с интенсивностью транспортной нагрузки

Пункты исследования	Транспортная нагрузка		Показатель ФА M±m
	автомашин в час	в баллах	
г. Алдан, улицы			
A1. ул. 26 пикет	92	133,2	0,049±0,002
A4. ул. Заортосалинская	108	126,4	0,052±0,003
A5. ул. Билибина	84	141,6	0,054±0,003
A11. ул. Слепнева	120	30,8	0,048±0,002
A12. 2-й квартал	20	120,8	0,059±0,003
Автодорога М56			
A10. г. Алдан	140	247,2	0,061±0,004
A16. 9-й км, стоянка	148	241,2	0,061±0,004
A18. пос. Н. Куранах	108	167,6	0,056±0,003
A19. с. Якокит	84	102,4	0,045±0,003
A22. г. Томмот	96	129,6	0,046±0,003

Сопоставление показателей ФА с абсолютной величиной (единиц автотранспорта в час) и с балльной оценкой транспортной нагрузки показало разные уровни значимости: при анализе корреляций с абсолютными величинами коэффициент Пирсона составил 0,90 (тесная корреляционная зависимость), тогда как для балльной оценки выявлен средний уровень корреляционной зависимости – 0,53. При этом надо учесть, что учет автотранспорта проводился на участках, различающихся не только по интенсивности движения транспорта, но и по состоянию дорожного покрытия, а также силе воздействия иных экологических факторов: рассматриваемые точки различались по возрасту деревьев,

состоянию почвенного покрова, увлажненности, типу растительных ассоциаций. Кроме того, на территории населенных пунктов, как мы указывали выше, имеют значение близость котельных, работающих на угле, и наличие других загрязнителей.

Поскольку нагрузка по точкам варьировала в пределах 30,8–247,2 балла, мы разбили рассматриваемые точки на три зоны: 1 зона от 0 до 99, последующие с градациями по 50 баллов (рис. 1). При попарном сравнении показателя ФА четвертой зоны с двумя первыми различия были статистически значимыми (по критерию Стьюдента $p < 0,001$), в остальных случаях не достигали уровня статистической значимости. Можно предположить, что существенное влияние на данный показатель оказывают автодороги с транспортной нагрузкой свыше 200 баллов.

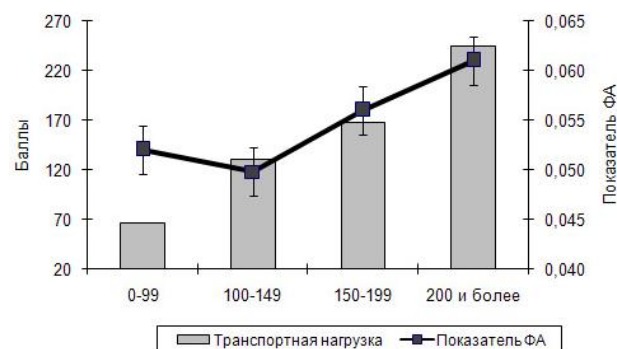


Рис. 1. Сравнительная оценка транспортной нагрузки и показателя ФА березы плосколистной по зонам с разной транспортной нагрузкой

При оценке качества среды по территориальному принципу обнаружено, что на территории г. Алдана наблюдается значительное варьирование показателя ФА – в пределах 0,047–0,061. По-видимому, данные различия зависят от многочисленных объектов негативного воздействия на атмосферу, которые рассредоточены по всей территории населенного пункта. Относительно низкие показатели ФА присущи для южной и юго-западной частей города, которые характеризуются высокой степенью озеленения и примыкают к ненарушенному лесному массиву [17]. Существенные отклонения от нормы отмечены в центре города как в жилой зоне, так и на участках промышленной застройки. Кроме того, отмечена зависимость величины показателя ФА березы плосколистной от близости к проезжей части дороги, где важную буферную роль играют зеленые насаждения, а наиболее значительными нарушениями стабильности развития характеризуются деревья, произрастающие вдоль

улиц с гравийным покрытием (рис. 2). Так, точка A12 с гравийным покрытием дорожной части и очень низкой транспортной нагрузкой (20 автомашин в час) характеризовалась одним из наиболее высоких показателей ФА.

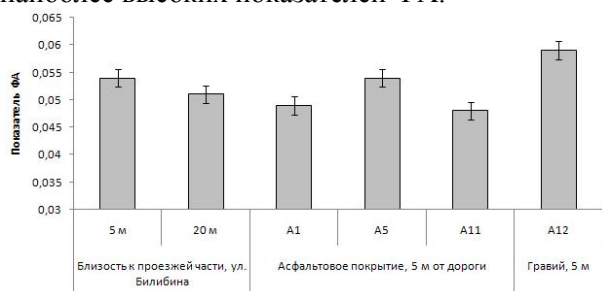


Рис. 2. Зависимость показателя ФА березы плосколистной на территории г. Алдана от качества дорожного покрытия и близости к проезжей части дороги

Для территории г. Алдана не выявлено корреляции показателя ФА с транспортной нагрузкой ни в абсолютных значениях, ни в баллах (рис. 3, а).

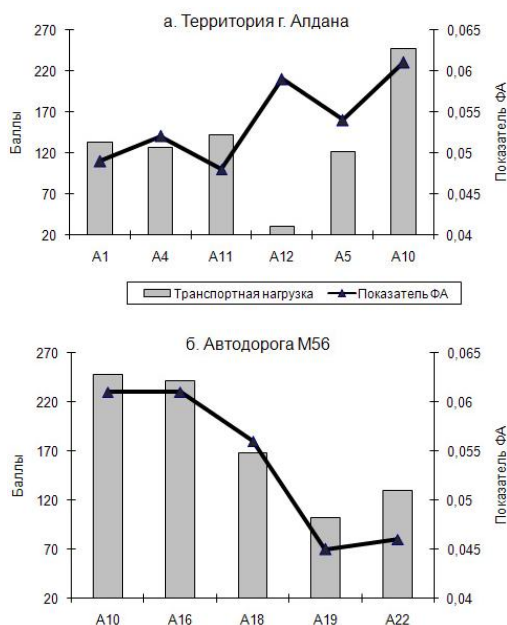


Рис. 3. Сравнительная оценка транспортной нагрузки и показателя ФА березы плосколистной на территории г. Алдана и в районе федеральной автодороги М56

Мы считаем, что это объясняется двумя группами факторов: с одной стороны, многофакторное негативное воздействие на территории города затрудняет вычленение доминирующих факторов, влияющих на стабильность развития в конкретной точке, с другой стороны, можно предположить, что низкая транспортная нагрузка (480–2900 автомашин в сутки) не оказывает существенного влияния на показатели нарушения стабильности развития организма, отражением которых и является флуктуирующая асимметрия. При этом сопоставление показателя ФА березы плосколистной с интенсивностью

транспортной нагрузки на федеральной трассе М56 обнаружило высокий уровень корреляционной зависимости, как по показателю Пирсона, так и Спирмена (рис. 3, б). Для абсолютных значений автотранспортной нагрузки корреляции с ФА по показателю Пирсона составили 0,94 (тесные связи), по ранговому коэффициенту Спирмену – 0,96 (статистическая значимость < 0,05), для балльной шкалы те же показатели – 0,96 и 0,97 с теми же уровнями значимости.

В целом сопоставление результатов биоиндикационной оценки качества среды с интенсивностью транспортной нагрузки, вычисленной двумя способами – число автомашин в единицу времени и балльная нагрузка с учетом коэффициентов токсичности – продемонстрировало более тесные корреляционные связи с результатами первого. Это можно объяснить тем, что в основе коэффициента токсичности лежит расчет загрязнения атмосферного воздуха CO, при низкой транспортной нагрузке эта величина невелика и не может существенно влиять на стабильность развития организма и, как следствие, на качество среды, тогда как пылевая нагрузка в меньшей степени зависит от типа автотранспорта и именно ее влияние более ярко прослеживается на исследуемой территории.

Заключение

Таким образом, для исследованной территории в целом характерны относительно высокие показатели ФА (0,046–0,061), что может объясняться длительным антропогенным воздействием, повышенным радиационным фоном и геохимической спецификой территории. Сопоставление результатов биоиндикации со статистическими данными по загрязнению атмосферного воздуха на территории г. Алдана показало, что существует зависимость между превышением ПДК по основным загрязняющим веществам и показателем ФА березы плосколистной, причем основной вклад в корреляцию вносит число дней с превышением ПДК по взвешенным веществам (пыли). Оценка влияния автотранспорта также показала, что в условиях селитебных территорий с низкой транспортной нагрузкой основное влияние на стабильность развития и, как следствие, на ухудшение качества среды оказывает запыление местности. Наиболее значительное повышение показателя ФА березы плосколистной отмечено вдоль федеральной автотрассы, в непосредственной близости от проезжей части дороги и вдоль улиц с гравийным покрытием.

Литература

1. Города России. Электронный ресурс. URL: <http://города-россия.рф/>.

2. *Официальный сайт г. Алдан. Электронный ресурс.* URL.: <http://aldangold.ru/>.
3. *Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И. и др.* Здоровье среды: методика оценки. М.: Центр экологической политики России, 2000 а. 68 с.
4. *Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур).* М., 2003. 25 с.
5. *Захаров В.М.* Асимметрия животных. М.: Наука, 1987. 216 с.
6. *Leary R.F., Allendorf F.W.* Fluctuating asymmetry as an indicator stress. Chance use in protect nature // *Acta Zool. Fenica.* 1989. Vol. 4. P. 214–217.
7. *Palmer A.R., Strobeck C.* Fluctuation asymmetry as a measure of developmental stability: implications of non-normal distributions and power of statistical tests // *Acta Zool. Fennica.* 1992. № 191. P. 57–72.
8. *Кряжева Н.Г., Чистякова Е.К., Захаров В.М.* Анализ стабильности развития березы повислой в условиях химического загрязнения // *Экология.* 1996. № 6. С. 441–444.
9. *Захаров В.М., Чубинишвили А.Т., Дмитриев С.Г. и др.* Здоровье среды: практика оценки. М.: Центр экологической политики России, 2000 б. 318 с.
10. *Стрельцов А.Б., Шестакова Г.А., Логинов А.А. и др.* Оценка здоровья окружающей природной среды Калужской области и разработка модели подсистемы оценки водных объектов / КГПУ им. К.Э. Циолковского. Калуга, 2000 б. 4,2 п/л. Деп. в ВНИИЦ. № 02.2001 104479.
11. *Захаров В.М., Чубинишвили А.Т., Баранов А.С. и др.* Здоровье среды: методика и практика оценки в Москве. М.: Центр экологической политики России, 2001. 68 с.
12. *Дружкина Т.А., Лебедь Л.В., Гусакова Н.Н.* Проблемы скрининговой оценки урбанизированных территорий на примере г. Саратова // *Вестник Саратовского госагроуниверситета.* 2007. № 1. С. 6–9.
13. *Солдатова В.Ю., Шадрина Е.Г., Цона М.В.* Оценка качества среды территории г. Наро-Фоминска по величине флуктуирующей асимметрии березы повислой (*Betula pendula* Roth.) // *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отд. биологический.* 2009. Т. 114, вып. 3. Прил. 1, ч. 2. *Экология. Природные ресурсы. Рациональное природопользование. Охрана окружающей среды.* С. 365–370.
14. *Гуртяк А.А., Углеv В.В.* Оценка состояния среды городской территории с использованием березы повислой в качестве биоиндикатора // *Известия Томского политехнического университета.* 2010. Т. 317, № 1. С. 200–204.
15. *Звягинцева О.Ю.* Оценка состояния воздушной среды г. Чита по величине флуктуирующей асимметрии *Betula pendula* // *Наука и бизнес: пути развития.* 2012. № 2. С. 9–12.
16. *Солдатова В.Ю., Шадрина Е.Г.* Флуктуирующая асимметрия березы плосколистной (*Betula platyphylla* Sukacz.) как показатель качества городской среды // *Проблемы региональной экологии.* 2007. № 5. С. 70–74.
17. *Луцкан Е.Н., Шадрина Е.Г.* Биоиндикационная оценка состояния окружающей среды города Алдана на основе анализа флуктуирующей асимметрии березы плосколистной // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований.* 2013. № 2–8. С. 139–141.
18. *Shadrina E., Vol'pert Ya., Soldatova V. et al.* Evaluation of Environmental Conditions in Two Cities of East Siberia Using Bio-indication Methods (Fluctuating Asymmetry Value and Mutagenic Activity of Soils) // *International Journal of Biology.* 2014. Vol. 7, № 1. P. 20–32.
19. *Федорова А. И., Никольская А.Н.* Практикум по экологии и охране окружающей среды. М.: ВЛАДОС, 2003. 288 с.
20. *Муромцева Е.В.* Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха отработанными газами автотранспорта на участке магистральной улицы // *Методические указания для выполнения лабораторной работы по дисциплине «Экология».* Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2013. 16 с.
21. *Глотов Н.В., Животовский Л.А., Хованов Н.В., Хромов-Борисов Н.Н.* Биометрия. Л.: Изд-во ЛГУ, 1982. 264 с.
22. *Данилов В.А., Вольперт Я.Л., Шадрина Е.Г.* Биоиндикационная оценка воздействия горнодобывающей промышленности на биоценозы бассейна р. Алдан // *Наука и образование.* 2001. № 1. С. 30–34.
23. *Шадрина Е.Г., Вольперт Я.Л., Данилов В.А., Шадрин Д.Я.* Биоиндикация воздействия горнодобывающей промышленности на наземные экосистемы Севера (морфогенетический подход). Новосибирск: Наука. 2003. 110 с.
24. *Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды Республики Саха (Якутия) в 2014 г.* Правительство РС (Я), Министерство охраны природы РС (Я). Якутск: Компания «Дани Алмас», 2015. 304 с.

Поступила в редакцию 20.01.2016