



- нение при выращивании цыплят-бройлеров : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Саратов, 2004. 17 с.
6. Fuller R. Microbial activity in the alimentary tract of birds // The Proceedings of the Nutrition Society. 1984. Vol. 43, № 3. P. 55–60.
 7. Fuller R. Probiotics in man and animals. A review // J. Appl. Bacteriol. 1989. Vol. 8, № 5. P. 365–378.
 8. Fuller R., Gibson G.R. Probiotics and prebiotics: microflora management for improved gut health// Clin. Microbiol. Infect. 1998. Vol. 4, № 2. P. 477-480.
 9. Токарев В. С., Лисунова Л. И. Кормление сельскохозяйственных животных // Электронный учебник. 2007–2008 гг. URL: <http://www.kormbiti.narod.ru> (дата обращения: 10.01.2012).

УДК 504.06.(571.17)

ВЛИЯНИЕ СТРЕССА НА МОРФОЛОГИЧЕСКУЮ ИНТЕГРАЦИЮ В РАЗВИТИИ ПРИЗНАКОВ *SALIX ALBA* L. (1753)

А. Ю. Кулагин, А. А. Мокин

Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, Уфа
E-mail: coolagin@list.ru
E-mail: alexmokin@mail.ru



В работе представлены результаты изучения биоиндикационного потенциала *S. alba* (L.), а именно проявление адаптационной изменчивости на морфологическом уровне под воздействием различных факторов стресса (загрязнение, увлажнение). В зависимости от условий произрастания выявлены различные онтогенетические стратегии (стрессово-защитная, защитная, стрессовая, защитно-стрессовая).

Ключевые слова: онтогенетическая стратегия, адаптация, *S. alba* (L.), стресс-фактор.

The Effect of Stress on the Morphological Integration in the Development Signs of *Salix Alba* L. (1753)

A. Yu. Kulagin, A. A. Mokin

The results of the study bioindikatsionnogo building *S. alba* (L.), namely a manifestation of adaptive variation at the morphological level under various stress factors (dirt, moisture). Depending on growth conditions revealed a variety of ontogenetic strategies (stress-protective, protective, stress, stress-protective).

Key words: ontogenetic strategy, adaptation, *S. alba* (L.), stress factor.

С увеличением техногенной нагрузки на биосферу первостепенными становятся вопросы биологической индикации. Изменение стабильности развития является первой реакцией организма на любое стрессовое воздействие. Поэтому методы оценки здоровья среды, основанные на характеристике стабильности организма, выступают как системы раннего предупреждения, позволяющие выявлять даже начальные изменения в состоянии живых существ [1, 2].

Наиболее перспективным для этого видом в дендрофлоре средней полосы европейской части России является *S. alba* L., обладающий широкой экологической валентностью. Этими

обстоятельствами и обусловлен выбор объекта исследования. Произрастает *S. alba* как в пойменных местообитаниях, так и в местах с недостаточным увлажнением.

Немало работ [3, 4, 5, 6] посвящено изучению экологии и биологии *S. alba*. Однако вопросу влияния стресс-факторов на морфологическую интеграцию признаков уделяется недостаточно внимания.

Целью исследования было изучение морфологической интеграции *S. alba* (L.) в различных условиях, в том числе условиях сильного стресса.

S. alba имеет S стратегию жизни [7]. Элементы S стратегии у вида проявляются доминированием вида в условиях экологического оптимума.

Стратегия жизни понимается как комплекс эволюционно возникших адаптаций к изменениям абиотических и биотических условий. Как результирующий эволюционный эффект можно рассматривать возникновение различных типов эколого-фитоценотической стратегии (рудералы, экотопические, стресс-толеранты фитоценотические, конкуренты); возникновение различных типов онтогенетических стратегий (стрессовая, защитная, стрессово-защитная, защитно-стрессовая) [8].

Одним из направлений изучения механизмов адаптации растений к стрессу является выявление морфологических реакций на стресс-онтогенетической стратегии [9]. Методика основана на выявлении определённого типа морфологической реакции вида, оцениваемой по уровню морфологической интеграции растений (r^2), на экоклин. Экоклин устанавливался по показателям виталитета растений (IVC) в выборах по размерному спектру особей [8, 9].



При изучении онтогенетической стратегии оценивалась корреляция, суммарная детерминация признаков. Кроме того, нами был построен ряд морфологических изменений индекса виталитета в пределах средней выборки по показателям размерности. Для определения размерной пластичности вида использовали индекс размерной пластичности [8] – отношение максимального значения индекса к минимальному значению индекса виталитета ценопопуляций. Он рассчитывается по формуле

$$ISP = IVC_{\max} / IVC_{\min}.$$

Для оценки пластичности изучаемого вида разных популяций рассмотрим максимальные и минимальные показатели индекса виталитета ценопопуляций.

Выбор места для исследований обусловлен воздействием высокой техногенной нагрузки (Медногорск и Сибай являются центрами медно-рудного производства, а в Уфе сосредоточен ряд предприятий нефтехимической отрасли).

В июле 2010 г. на территории г. Уфа (Республика Башкортостан) и г. Медногорск (Оренбургская область) в 8 и 7 выборках соответственно было отобрано по 30 образцов листовых пластинок с 75 средневозрастных деревьев, отличающихся различными экологическими условиями.

В 2011 г. было продолжено изучение морфологических реакций на стресс. Исследования, так же как и в предыдущем году, проходили на территории Уфы и Медногорска, где было выполнено по 5 и 6 выборок соответственно. Кроме того, дополнительно выполнено еще 5 выборок в г. Сибай. С 80-ти средневозрастных деревьев также было отобрано по 30 листовых пластинок с нижней части кроны равномерно к сторонам света, приблизительно одного размера. Следует отметить, что сбор образцов проводился после окончания формирования и роста листовых пластинок.

Материал собирался в местах с различной степенью загрязнения и увлажнения. По степени загрязнения материал собирался непосредственно у источника загрязнения, на удалении от источника загрязнения и в относительно чистом для данного региона месте. По степени увлажнения отбор материала производился в местах с избыточным увлажнением и в условиях дефицита влаги.

После сбора образцы для сохранения первичных свойств подвергались временной заморозке и дальнейшему сканированию на сканере CanoScan LIDE Canon. Затем отобраные для исследования образцы были промерены с помощью программы ImageJ по 48 признакам. Оценивались следующие признаки листовой пластинки – длина листа, ширина листа, длина черешка,

длина между концами жилок, длина между основаниями жилок, углы между жилками.

Для анализа полученных данных использовали программу STATISTIKA.

Для Медногорска и Уфы максимальная жизненность по результатам за 2010 г. составила 1.1; минимальная жизненность – 0.8.

Для Медногорска максимальная жизненность за 2011 г. составила 1.07; минимальная жизненность 0.92. Для Уфы (2011 г.) максимальная жизненность достигла значения 1.1; минимальная жизненность значения – 0.91. Для г. Сибай (2011 г.) максимальная жизненность составила 1.07; минимальная жизненность – 0.94.

В среднем индекс размерной пластичности по результатам исследований 2011 г. для выборок, выполненных в Уфе составил 1.15; для г. Сибай – 1.1; для Медногорска – 1.12.

Невысокие (меньше 2) индексы размерной пластичности характерны для конкурентов и стресс-толерантов.

Рассмотрим зависимость виталитета популяций от морфологической интеграции растений *S. alba* (рис. 1).

На первый взгляд, при сравнении результатов 2010–2011 гг. наблюдаются противоречивые данные, так как в разные годы проявляются разные личные типы онтогенетических стратегий (в 2010 г. – защитно-стрессовая стратегия; в 2011 г. – стрессово-защитная стратегия). Однако при рассмотрении результатов в одной плоскости, очевидно, что данное проявление является частью общей стратегии. Это явление мы связываем с различной силой воздействия стресс-фактора, вследствие чего меняется и уровень морфологической интеграции. Следует обратить внимание на увеличение жизненности в выборках 2011г., что возможно является признаком повышения адаптивности вида. Адаптивные процессы наиболее ярко протекают в выборке, выполненной в 7-километровой зоне от Медногорска. В ней наблюдается увеличение уровня морфологической интеграции. Снижение адаптации происходит в грязной выборке, выполненной до объекта загрязнения в окрестностях пос. Заречный.

Установлена зависимость виталитета ценопопуляции (IVC) от уровня увлажнения (рис. 2).

На рис. 2 на градиенте уменьшения увлажнения выявлено уменьшение морфологической целостности вида, что характерно стрессовой онтогенетической стратегии. Отмечено, что в выборках, выполненных в д. ст. Александровка (вниз по течению от нефтеперерабатывающего завода) наблюдается наибольшая морфологическая интеграция (0.09), при наивысших показателях жизненности (1.06).

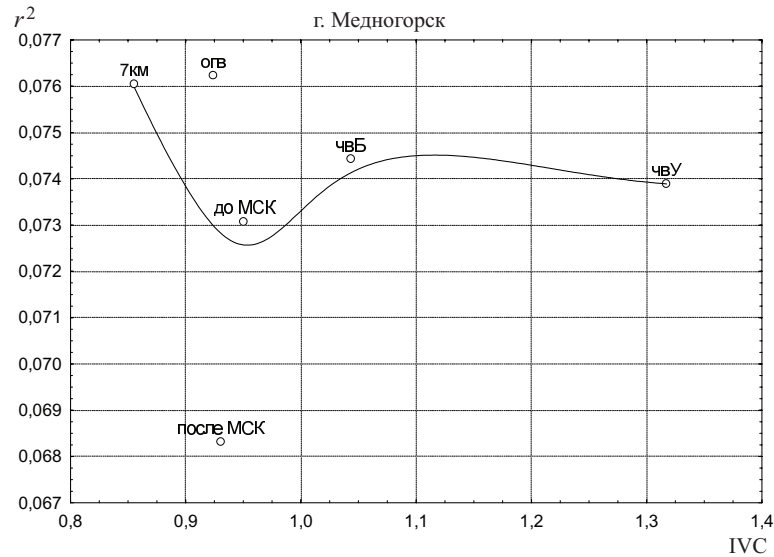


Рис. 1. Зависимость уровня морфологической интеграции растений *S. alba* от виталитета в окрестностях Медногорска (результаты 2010–2011 гг., в местах с различным уровнем загрязнения): по оси ординат – уровень детерминации морфологической структуры растений в выборках (r^2), по оси абсцисс – индекс виталитета (IVC)

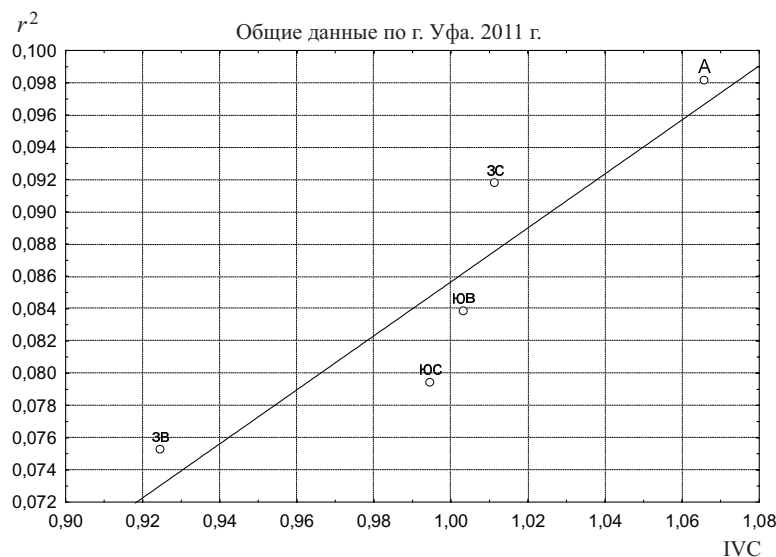


Рис. 2. Зависимость уровня морфологической интеграции растений *S. alba* от виталитета в окрестностях Уфы (выборки выполнены на градиенте снижения увлажнения): по оси ординат – уровень детерминации морфологической структуры растений в выборках (r^2), по оси абсцисс – индекс виталитета (IVC); А – выборки выполнены в пойменных местах, в д. ст. Александровка, юв – в пойменных местах с Юматово, юс – в с. Юматово с высоким модулем дефицита влаги, зв – в пойменной местности Затона, зс – в Затоне в местах с высоким модулем дефицита влаги

Таким образом, сильное воздействие стрессующего фактора способствует исчерпанию адаптивного потенциала (см. рис. 2). Проявление данного типа онтогенетической стратегии является типичным для исследуемого вида.

На градиенте увлажнения рассмотрим зависимость виталитета популяций от морфологической целостности растений *S. alba* для г. Сибай (рис. 3).

На рис. 3 показано влияние уровня увлажнения на развитие онтогенетической стратегии. Отмечено, что проявление стрессово-защитной онтогенетической стратегии происходит с преобладанием защитной компоненты. Выявлено, что по мере уменьшения уровня увлажнения происходит уменьшение морфологической целостности. Показано, что выборки, располо-

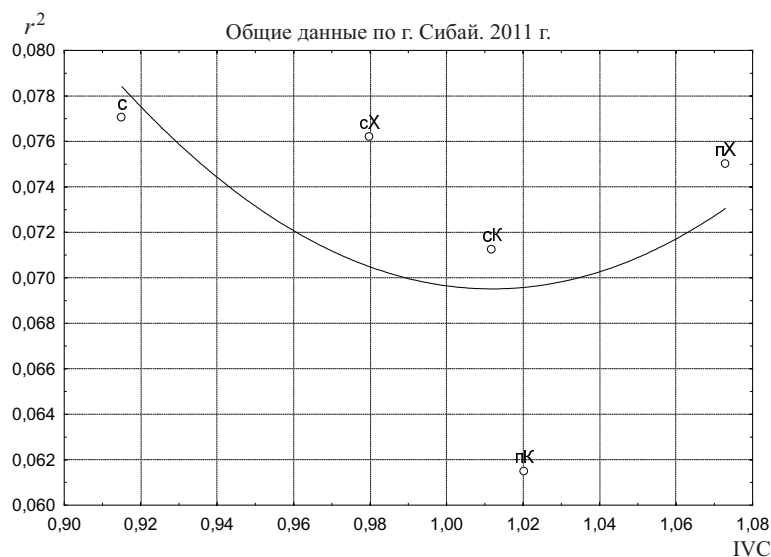


Рис. 3. Зависимость уровня морфологической интеграции растений *S. alba* от виталитета в окрестностях г. Сибай (выборки выполнены в местах с различным уровнем увлажнения): по оси ординат – уровень детерминации морфологической структуры растений в выборках (r^2), по оси абсцисс – индекс виталитета (IVC); с – выборки выполнены вблизи г. Сибай (на удалении от воды), сХ – грязные выборки выполнены в местах с дефицитом влаги (пос. Горный, у карьера), пК – с избыточным увлажнением (пос. Горный, у карьера), сХ – чистые выборки выполнены на удалении от объекта загрязнения в местах с дефицитом влаги, пХ – с достаточным уровнем увлажнения

женные в условиях достаточного увлажнения, способствуют проявлению стрессовой составляющей, а выборки, выполненные в условиях с дефицитом влаги, проявляются защитной составляющей в общей структуре онтогенетической стратегии.

Следует отметить, что наименьшие показатели жизнеспособности при наибольшем уровне детерминации (0.077) зафиксированы в выборке, выполненной на выезде из города с большим модулем дефицита влаги. Наибольшие показатели жизнеспособности наблюдаются в выборках, произрастающих в местах с достаточным уровнем увлажнения. Так для выборки, выполненной в пойме р. Худолаз, показатель жизнеспособности составил – 1.07. Наименее детерминированной оказалась выборка, выполненная в местах с избыточным увлажнением, вблизи от карьера (0.06).

Таким образом, между популяциями на градиенте загрязнения для *S. alba* характерно проявление стрессово-защитной стратегии, а на градиенте увлажнения возможно проявление стрессовой и стрессово-защитной онтогенетических стратегий. Стратегия жизни вида меняется под влиянием факторов. При сравнении максимальных значений жизнеспособности установлено, что наиболее угнетенной является популяция, произрастающая в Медногорске.

Загрязнение как один из стресс-факторов

Рассмотрим зависимость виталитета ценопопуляции (IVC) от различного уровня загрязнения (рис. 4, а, б).

Показано, что в зависимости от уровня загрязнения меняется и тип стратегии вида. В благоприятных условиях с усилением стресса усиливается координация развития, так проявляется защитная стратегия. В неблагоприятных условиях обитания при нарастании стресса наблюдается ослабление координации развития, так проявляется стрессовая стратегия. В чистых выборках наибольшие показатели жизнеспособности при наименьшей координации наблюдаются в выборке, выполненной на значительном удалении от объекта загрязнения в п. Блявтамак (0.074). Диапазон жизнеспособности для чистых выборок составил (0.92–1.04). В грязных выборках наиболее интегрированной является выборка, выполненная рядом с объектом загрязнения (0.077). Диапазон жизнеспособности для грязных выборок составил (0.97–1.03).

Влияние различного уровня увлажнения на проявление стратегии жизни вида

Рассмотрим зависимость виталитета ценопопуляций (IVC) от уровня увлажнения (рис. 5).

На рис. 5, а отмечено, что в выборках, выполненных в местах достаточного увлажнения так же как и в местах сильного загрязнения, уровень морфологической целостности растений

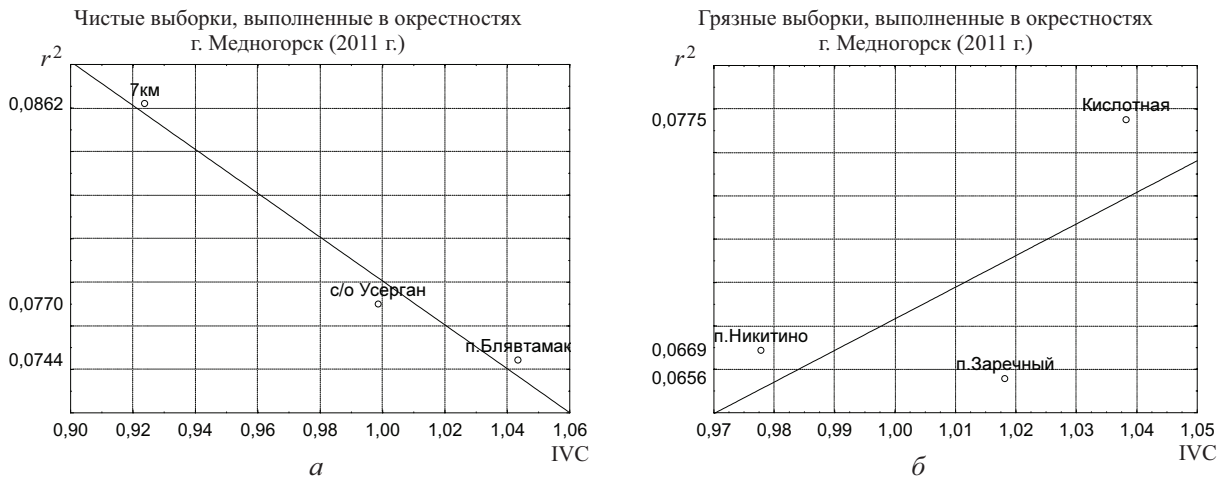


Рис. 4. Зависимость уровня морфологической интеграции растений *S. alba* от виталитета в окрестностях Медногорска (выборки выполнены в местах с различным уровнем загрязнения – 2011 г.): по оси ординат – уровень детерминации морфологической структуры растений в выборках (r^2), по оси абсцисс – индекс виталитета (IVC); *a* – чистые выборки, выполненные на значительном удалении от объекта загрязнения (7 км, пос. Блявтамак, с/о Усерган); *б* – грязные выборки, выполненные рядом с объектом загрязнения (пос. Заречный, напротив серно-кислотного цеха ММСК, пос. Никитино)

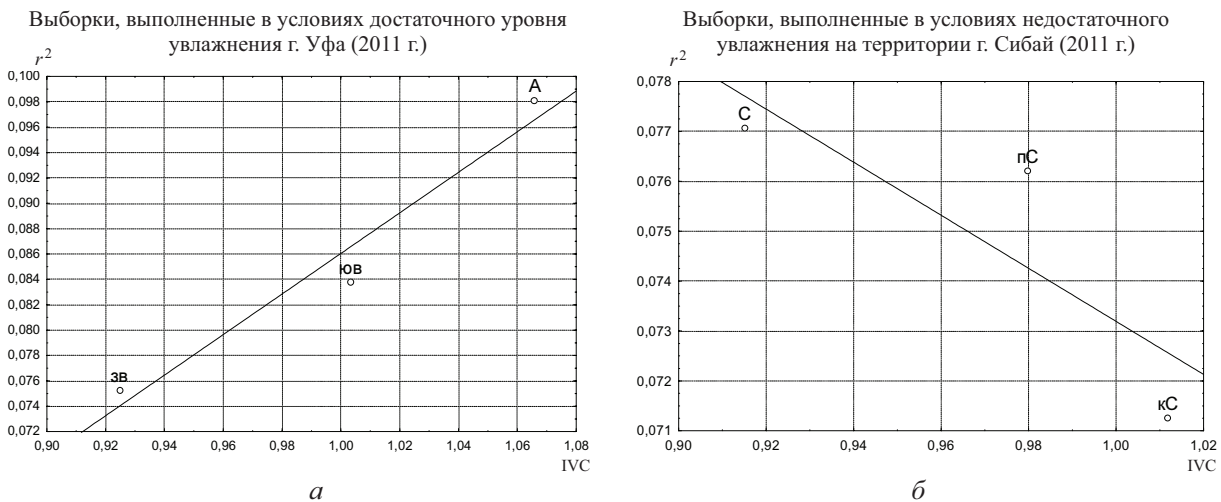


Рис. 5. Зависимость уровня морфологической интеграции растений *S. alba* от виталитета; *a* – выборки выполнены в окрестностях Уфы, в местах достаточного увлажнения, *б* – выборки выполнены в окрестностях г. Сибай, в местах недостаточного увлажнения: по оси ординат – уровень детерминации морфологической структуры растений в выборках (r^2), по оси абсцисс – индекс виталитета (IVC); юв – выборка выполнена в окрестностях санатория Юматово, зв – выборка выполнена в районе Затона, а – выборка выполнена в окрестностях д. ст. Александровка; кС – выборки, выполненные в непосредственной близости от карьера, С – выборки, выполненные в восточной части г. Сибай на значительном удалении от карьера; пС – выборки, выполненные в пойменных местах

снижается, так проявляется стрессовая онтогенетическая стратегия, являющаяся типичной для данного вида. Выявлено, что выборки, выполненные в окрестностях санатория Юматово, по сравнению с выборками, выполненными в Затоне, имеют более высокий уровень морфологической целостности. Отмечено, что в выборках с высокими показателями морфологической интеграции интенсивнее происходят адаптивные процессы, чем в выборках с более низкими показателями морфологической целостности. Наибольшая координация развития (0.098) и жизнённость (1.06) характерны для выборки, выполненной в

окрестностях д. ст. Александровка, на удалении от объекта загрязнения. Наименьший уровень детерминации (0.075) и жизнённости (0.92) наблюдается в выборке, выполненной в районе Затона. Диапазон жизнённости для влажных выборок составил (0.92–1.07).

В выборках, выполненных в условиях дефицита влаги, наблюдается возрастание уровня морфологической интеграции, т. е. происходит формирование адаптивного потенциала. Данное проявление характерно для защитной онтогенетической стратегии. Так, наиболее детерминированной (0.077) стала выборка, выполненная на



незначительном удалении от г. Сибай. Диапазон жизненности для выборок, выполненных в условиях дефицита влаги, составил (0.91–1.01).

По показателям жизненности можно заключить, что выборки влажных мест обитаний имеют большую жизненность по сравнению с выборками, выполненными в условиях дефицита влаги.

На градиенте уменьшения увлажнения в выборках, выполненных на территории в г. Уфа и г. Сибай, происходит изменение онтогенетической стратегии *S. alba* – от стрессовой, типичной в благоприятных условиях жизни в сторону защитной, проявляющейся в неблагоприятных условиях жизни.

Степень увлажнения и уровень загрязнения в наших экспериментах выступили в качестве сильных стрессирующих факторов, и именно в этом варианте проявилась потенциальная онтогенетическая стратегия вида.

Таким образом, на градиенте ухудшения условий проявляются следующие стратегии: защитно-стрессовая (г. Медногорск, 2010 г.); стрессово-защитная (г. Медногорск, 2011 г.; г. Сибай, 2011 г.); стрессовая (г. Уфа, 2011 г.).

На градиенте увлажнения: в условиях дефицита влаги проявляется защитная стратегия; в условиях достаточного увлажнения проявляется стрессовая стратегия.

Таким образом, результаты исследования показали, что морфологический статус *S. alba* (уровень морфологической интеграции, оцениваемый по детерминации признаков морфологической системы) может быть показателем уровня переживаемого растениями стресса, а сам вид может быть использован в качестве вида-биоиндикатора для оценки качества среды, в том числе и ее загрязнения.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Академии наук Республики Башкортостан №40/30-П, гранта РФФИ № 11-04-97025, НИР №1.4.09 по тематическому плану МОН РФ, Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Биологическое разнообразие».

Список литературы

1. Захаров В. М., Баранов А. С., Борисов В. И. и др. Оценка состояния среды по величине флуктуирующей асимметрии листового аппарата березы повислой // Здоровье среды : методика оценки. М., 2005. 66 с.
2. Неверова О. А. Применение фитоиндикации в оценке загрязнения окружающей среды // Междисциплинарный научный и прикладной журн. «Биосфера». 2009. Т. 1, № 1. С. 82–92.
3. Афонин А. А. Внутривидовая изменчивость ив и её хозяйственное значение // Вклад ученых и специалистов в национальную экономику, Брянск, 1990. С. 15–20.
4. Кулагин А. Ю. Ивы : техногенез и проблемы оптимизации нарушенных ландшафтов. Уфа, 1998. 193 с.
5. Кулагин Ю. З. Древесные растения и промышленная среда. М., 1974. 125 с.
6. Морозов И. Р. Ивы СССР, их использование и применение в защитном разведении. М. ; Л., 1950. 163 с.
7. Grime J. P. Plant Strategies, Vegetation Processes and Ecosystem Properties 2nd ed. Toronto, 1979. 465 p.
8. Ишибирдин А. Р., Ишмуратова М. М. К оценке виталитета ценопопуляций *Rhodiola iremelica* Boriss. по размерному спектру // Учен. зап. НТГСПА. 2004.
9. Ишмуратова М. М., Ишибирдин А. Р. Об онтогенетических тактиках *Rhodiola iremelica* // Фундаментальные и прикладные проблемы популяционной биологии : сб. тез. докл. 4-го Всерос. популяционного семинара. Нижний Тагил, 2002. С. 76–78.

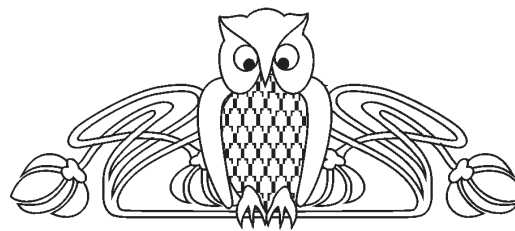
УДК 631.4:577.4

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА КАРЬЕРА ГЛИНОГИПСА

З. Б. Бадмаева, Л. Х. Сангаджиева, Ц. Д. Даваева

Калмыцкий государственный университет, Элиста
E-mail: zula85-08@mail.ru

Карьеры, возникающие после выемки глиногипса для строительных целей, являются одной из часто встречаемых форм техногенного ландшафта. После выработки на карьерах начинаются процессы естественного зарастания, в ходе которого возникают фитоценозы, отличающиеся от окружающих естественных растительных сообществ. Результаты анализов показали, что почвогрунты под растительностью карьера обо-



гащены тяжелыми металлами (ТМ). Превышение ПДК отмечено у Со в почве, Cd в растениях. Химический состав растений карьера отличается от фоновой территории. В результате проведенных исследований выявлено, что флора нарушенных земель открытых разработок глиногипса характеризуется более низким в сравнении с естественной флорой, видовым разнообразием. Здесь формируется преимущественно многолет-