



оксалатом, ксилозой, ксиланом в концентрации 1 г/л в условиях эксперимента отсутствовала продукция ЭПС культуры (см. табл. 2). На средах с оксалатом, цитратом, ксиланом в концентрации 3 г/л в условиях эксперимента рост культуры отсутствовал; а на средах с оксалатом, цитратом, ксилозой, ксиланом в концентрации 3 г/л отсутствовала продукция ЭПС (см. табл. 3).

Таким образом, в процессе исследований было показано, что различные условия культивирования влияют на продукцию ЭПС клетками *A. abiegnus* Z-0056. Оптимальными из исследованных условиями для продукции ЭПС является выращивание культуры *A. abiegnus* Z-0056 на среде «МСО» при температуре 25 °С и встряхивании при 200 об/мин. Максимальному выходу экзополисахарида способствует наличие в среде сукцината в качестве источника углерода в концентрации 1 г/л, нитрата аммония и фосфата калия в концентрациях 0,25 и 0,14 г/л соответственно.

Бактерии-олиготрофы мало изучены с биотехнологической точки зрения как возможные продуценты экзополисахарида, хотя они могут быть экономически выгодны, так как не требуют богатых питательных сред для культивирования. В данной работе изучено влияние стандартных биотехнологических параметров (температуры, аэрации, концентрации фосфора, азота и различных источников углерода) на продукцию ЭПС и намечены пути оптимизации этого процесса.

## Список литературы

1. Зайчикова М. В., Берестовская Ю. Ю., Акимов В. Н., Кизилова А. К., Васильева Л. В. *Ancylobacter abiegnus* sp. nov. – олиготрофный представитель микобактериального сообщества // Микробиология. 2010. Т. 79, № 4. С. 483–490.
2. Зайчикова М. В., Берестовская Ю. Ю., Васильева Л. В. Диссипотрофные бактерии ксилотрофного сообщества в пресноводных экосистемах // Актуальные аспекты современной микробиологии : V молодеж. школа-конф. с междунар. участием. М., 2009. С. 77–78.
3. Кичемазова Н. В., Бухарова Е. Н., Жемеричкин Д. А., Берестовская Ю. Ю., Васильева Л. В., Карпунина Л. В. Экзополисахариды бактерий-диссипотрофов // Химия и биохимия углеводов : материалы IV Всерос. школы-конф. 14–16 сент. 2011 г. Саратов, 2011. С. 60–61.
4. Воробьев В. Я., Елсуков А. И. Теория и эксперимент. Минск : Выща шк., 1989. 109 с.
5. Dubois M., Gilles K. A., Hamilton J. K., Rebers P. A., Smith F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances // Anal. Chem. 1956. Vol. 28, № 3. P. 350–356.
6. Haggstrom L. Mutant of *Methylomonas metanolica* and its characterization with respect to biomass production from methanol // Appl. Environ. Microbiol. 1977. Vol. 33, № 3. P. 567–576.
7. Manresa A., Espuny M. J., Guinea J. et al. Characterization and production of a new extracellular polymer from *Pseudomonas* sp. GSP-910 // Appl. Environ. Microbiol. 1987. Vol. 26, № 4. P. 347–351.
8. Гринберг Т. А., Пирог Т. П., Малащенко Ю. Р., Пинчук Г. Э. Микробный синтез экзополисахаридов на C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>-соединениях. Киев : Наук. думка, 1992. 212 с.

УДК 630.182.2

## ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ИВ В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ МАЛЫХ РЕК ЗАУРАЛЬЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ЖИЗНЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ГЕМЕРОБИИ



Л. Г. Курманова, А. Ю. Кулагин

Институт биологии Уфимского научного центра РАН  
E-mail: kurmanova\_lilia@mail.ru  
E-mail: coolagin@list.ru

В составе ивняков в поймах рек Таналык, Худолаз и Карагайлы произрастают 6 видов ив: *Salix alba*, *S. cinerea*, *S. dasyclados*, *S. triandra* (f. *discolor* и f. *concolor*), *S. viminalis* и *S. vinogradowii*, при этом максимальным обилием и постоянством обладает вид *S. triandra* (f. *discolor*). Относительное жизненное состояние ивовых зарослей в условиях различ-

ной степени антропогенного загрязнения характеризуется, преимущественно, как «здоровое». В качестве наиболее устойчивых можно выделить виды *S. triandra*, *S. cinerea* и *S. alba*.

**Ключевые слова:** растительное сообщество, фитоценоз, ива, гемеробия, устойчивость.



### Evaluation of the Stability of Some Species Willows under the Influence of Industrial Pollution Small Rivers Zauralye on Indicators of Vital Status and Hemeroby

L. G. Kurmanova, A. Yu. Kulagin

In floodplains Tanalyk, Hudolaz and Karagaily 6 species of willows grow: *Salix alba*, *S. cinerea*, *S. dasyclados*, *S. triandra* (f. *discolor* и f. *concolor*), *S. viminalis* и *S. vinogradowii*. The most common is a species of *S. triandra* (f. *discolor*). Vitalitet willow with varying degrees of contamination is characterized mainly as a «healthy». As the most stable species can be distinguished *S. triandra*, *S. cinerea* and *S. alba*.

**Key words:** plant community, phytocenosis, willow, hemeroby, sustainability.

Многолетние наблюдения за качеством воды рек Зауралья показывают высокое содержание тяжелых металлов, что обусловлено как природным фоном, так и деятельностью предприятий горнодобывающей промышленности [1].

Добычу меди и цинка из медноколчеданных месторождений Зауралья осуществляют наиболее крупные горнодобывающие предприятия: ОАО «Учалинский ГОК» (а также Сибайский филиал ОАО «Учалинский ГОК» – СФУГОК), ООО «Башкирская медь», ЗАО «Бурибаевский ГОК» (БГОК) [2].

Отходы промышленных предприятий в виде жидких стоков и газо-дымовых выбросов скапливаются в таких крупных депрессиях рельефа, какими являются долины рек, где основным компонентом древесной растительности выступают ивы [3].

Для изучения закономерностей распространения ив в различных условиях произрастания проведены маршрутные геоботанические описания береговых фитоценозов рек Таналык, Худолаз и Карагайлы с использованием подходов и методов школы Браун-Бланке. Латинские названия растений указывались по С. К. Черепанову [4].

Для исследований были выбраны 10 ключевых участков – створы на р. Худолаз: 1) п. Казанка (приравнен к местному биогеохимическому фону), 2) п. Калинино (после впадения стоков г. Сибай), 3) п. Новопокровский (створ, пограничный с Челябинской областью); на р. Таналык: 1) выше г. Баймак (приравнен к местному биогеохимическому фону), 2) п. Самарское (до приема стоков БГОК), 3) ниже п. Бурибай (после приема стоков БГОК), 4) п. Мамбетово (створ, пограничный с Оренбургской областью); на р. Карагайлы: 1) ниже сброса шахтных вод СФУГОК; 2) ниже сброса сточных вод очистных сооружений ООО «Водосбыт» (в дальнейшем – ОС); 3) устье.

В поймах изучаемых рек на территории анализируемых створов встречаются 6 видов ив: *Salix alba* L., *S. cinerea* L., *S. dasyclados* Wimm., *S. triandra* (f. *discolor* и f. *concolor*) L., *S. viminalis* L. и *S. vinogradowii* A. Skvorts. Исследуемые ивняки характеризуются полидоминантным составом и мозаичностью травостоя.

В пойме р. Таналык на территории верхнего створа (правый берег) формируются ивняки с доминированием *S. triandra* (f. *discolor*) с примесью *S. cinerea* и единичными кустами *S. triandra* (f. *concolor*). По мере удаления от уреза воды в сообщества добавляется *S. alba*. Фитоценозы на левом берегу характеризуются практически полным отсутствием древесно-кустарниковой растительности. Здесь лишь единично произрастают молодые низкорослые ивы *S. triandra* (f. *discolor*). Ивняки в условиях замыкающего створа сложены на правом берегу *S. triandra* (f. *discolor*) и *S. alba* с единичными кустами *S. dasyclados*. На левом берегу в древесно-кустарниковом ярусе доминирует *S. vinogradowii*. Створ, расположенный ниже п. Бурибай (после приема стоков БГОК), характеризуется доминированием в составе ивовых зарослей *S. triandra* (f. *discolor* и f. *concolor*) с примесью *S. alba* и *S. viminalis*. На учетных площадках выше п. Бурибай (до приема стоков БГОК) широко распространены ивняки с доминированием *S. viminalis*, которые произрастают в пойме реки узкой полосой. Здесь на правом берегу в качестве примеси отмечены *S. triandra* (f. *discolor* и f. *concolor*) и *S. alba*, причем последняя предпочитает склоны, вышедшие из-под влияния поемности. На левом берегу содоминируют *S. viminalis* и *S. triandra* (f. *discolor*).

В составе ивняков в пойме р. Худолаз доминирует *S. triandra* (f. *discolor*); в качестве примеси встречается другая форма этого вида – *S. triandra* (f. *concolor*). Помимо этого для учетных площадок верхнего створа характерна примесь *S. cinerea* (на обоих берегах) и единичные экземпляры *S. alba* (на правом берегу).

В пойме р. Карагайлы ивняки не образуют непрерывной полосы вдоль берегов рек, а разбросаны отдельными группами. Видовой состав ивовых группировок на изучаемых площадках довольно схож. Доминирующее положение занимают *S. triandra* (f. *discolor*) и *S. cinerea* (не представлена только у устья реки на левом берегу). К ним примешиваются *S. triandra* (f. *concolor*) (площадки ниже сброса шахтных вод СФУГОК), *S. viminalis* (правый берег устья) и *S. alba* (левый берег устья). Древесно-кустарниковый ярус на левом берегу створа, расположенного ниже сброса шахтных вод СФУГОК, характеризуется



отсутствием ивовой растительности, а на правом берегу значительная часть ив повреждена пожаром.

О степени воздействия промышленного загрязнения судили по категории относительного жизненного состояния (ОЖС) древостоев [5], при этом учитывали густоту кроны, наличие мертвых сучьев, степень повреждения листьев токсикантами, патогенами и насекомыми. Расчет ОЖС проводили по числу деревьев:

$$L_n = (100n_1 + 70n_2 + 40n_3 + 5n_4)/N,$$

где  $L_n$  – ОЖС древостоя, рассчитанное по числу деревьев;  $n_1$  – число здоровых деревьев на пробной площади;  $n_2, n_3, n_4$  – то же для ослабленных, сильно ослабленных и отмирающих деревьев со-

ответственно; 100, 70, 40, 5 – коэффициенты, выражающие (в %) жизненное состояние здоровых, ослабленных, сильно ослабленных и отмирающих деревьев;  $N$  – общее число деревьев на пробной площади (включая сухостой).

При значении ОЖС от 100 до 80% древостой оценивается как «здоровый», при 79–50% – «ослабленный», при 49–20% – «сильно ослабленный», при 19% и ниже – «полностью разрушенный».

Оценка ОЖС ивняков пойм рек Таналык, Худолаз и Карагайлы показала, что в условиях влияния предприятий горнодобывающей промышленности массовой гибели древостоев не отмечается, ОЖС ивовых зарослей характеризуется от «здорового» до «ослабленного» (таблица).

#### Относительное жизненное состояние ивняков в поймах рек Таналык, Худолаз и Карагайлы

| №                                     | Местоположение                        |   | $L_n, \%$         |  |  |                |                     |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---|-------------------|--|--|----------------|---------------------|
|                                       |                                       |   | <i>S. cinerea</i> | <i>S. triandra</i><br>( <i>f. discolor</i> ) | <i>S. triandra</i><br>( <i>f. concolor</i> ) | <i>S. alba</i> | <i>S. viminalis</i> |
| Зона максимального уровня загрязнения |                                       |   |                   |  |  |                |                     |
| 2                                     | р. Таналык<br>(ниже п. Бурибай)       | П |                   | 91   | 95   | 82             | <b>73</b>           |
|                                       |                                       | Л |                   | 96   | 92   | 87             | 87                  |
| 1                                     | р. Худолаз (п. Калинино)              | П |                   | <b>68</b>                                    | <b>61</b>                                    |                |                     |
|                                       |                                       | Л |                   | 88   |  |                |                     |
| 4                                     | р. Карагайлы<br>(ниже сбросов СФУГОК) | П | 85                | <b>72</b>                                    | <b>58</b>                                    |                |                     |
|                                       |                                       | Л |                   |  |  |                |                     |
| Зона среднего уровня загрязнения      |                                       |   |                   |  |  |                |                     |
| 2                                     | р. Таналык<br>(п. Самарское)          | П |                   | 89   | 85   | 89             | <b>77</b>           |
|                                       |                                       | Л |                   | 82   |  |                | <b>76</b>           |
| 3                                     | р. Таналык<br>(п. Мамбетово)          | П |                   | 85   |  | 96             |                     |
|                                       |                                       | Л |                   | 93   |  |                |                     |
| 1                                     | р. Худолаз<br>(п. Новопокровский)     | П |                   | 98   | 85   |                |                     |
|                                       |                                       | Л |                   | 95   | 93   |                |                     |
| 3                                     | р. Карагайлы<br>(ниже сбросов ОС)     | П | <b>70</b>         | 94   |  |                |                     |
|                                       |                                       | Л | 83                |  |  |                |                     |
| 4                                     | р. Карагайлы<br>(устье)               | П | 84                | 83   |  |                | 90                  |
|                                       |                                       | Л |                   | 93   |  | 90             |                     |
| Относительный контроль                |                                       |   |                   |  |  |                |                     |
| 1                                     | р. Худолаз<br>(п. Казанка)            | П | 95                | 94   | 90   | 88             |                     |
|                                       |                                       | Л | 90                | 86   |  |                |                     |
| 2                                     | р. Таналык<br>(г. Баймак)             | П | 96                | 81   | 85   |                |                     |
|                                       |                                       | Л |                   | 100  |  |                |                     |

Примечание. Полужирным шрифтом выделены  $L_n$ , характеризующие ослабленное ОЖС, обычным шрифтом – здоровое ОЖС; П – правый берег, Л – левый берег.

На учетных площадках, расположенных ниже сброса стоков ОС, ивовые группировки *S. cinerea*, произрастающие на левом берегу, чувствуют себя лучше ( $L_n = 83\%$ ), чем правобережные ( $L_n = 70\%$ ). Это обусловлено более возвышенным положением левого берега по отношению к правому берегу, который постоянно подтапливается сточными водами. В целом особи *S. cinerea* имеют

хорошо сформированную крону (густота которой составляет в среднем 60–90% от нормы); хотя стволы слабо очищены от мертвых сучьев (их наличие составляет до 25%), при этом внешних признаков повреждения побегов не обнаружено; наблюдаются повреждения листьев (10–15% от общей площади) в виде краевых и центральных хлорозов и некрозов, усыхания отдельных листьев



и их скручивания, также отмечаются энтомофильные повреждения. В зоне среднего уровня загрязнения ОЖС зарослей *S. cinerea* возрастает до 84%, а в зоне относительного контроля – до 96%. В этих условиях все растения *S. cinerea* формируют достаточно густую крону (70–95% от нормы), стволы самоочищаются от мертвых сучьев (их наличие в среднем составляет 5–10%), повреждения листьев не превышают 10%.

ОЖС ивняков *S. triandra* (*f. discolor*) практически на всех учетных точках оценивается как «здоровое» (густота кроны составляет в среднем 70–90% от нормы, количество мертвых сучьев – 5–10%, на поверхности ассимиляционных органов есть повреждения, площадью не более 15% от общего размера листовой пластинки; которые проявляются в форме хлорозных и некрозных пятен, энтомофильных поражений, скручивания и усыхания отдельных листьев). Исключение составляют пробные площадки в пойме р. Худолаз, ниже п. Калинино (правый берег) и в пойме р. Карагайлы, ниже сброса шахтных вод СФУГОК (правый берег), где  $L_n = 68\%$  и  $72\%$  соответственно, ОЖС – «ослабленное». В последнем случае угнетенность ивовой растительности обусловлена не только загрязнением среды промышленными отходами, но и значительными повреждениями ив во время весеннего пожара.

Сравнительно меньшую устойчивость проявляет другая форма вида – *S. triandra* (*f. concolor*). На учетных площадках указанных ранее двух створов индекс ОЖС этого вида ниже, чем у *S. triandra* (*f. discolor*): 61 и 58% соответственно. На других участках заросли *S. triandra* (*f. concolor*) могут быть отнесены к категории «здоровых» (показатель ОЖС составляет от 85 до 95%). Этот статус подтверждают высокая густота кроны (70–95%), небольшое количество мертвых сучьев (в среднем 10–15%), повреждения ассимиляционных органов не более 10% от общего размера листовой пластинки, при этом отмечаются краевые и центральные хлорозы и некрозы, энтомофильные поражения.

ОЖС зарослей *S. alba* в условиях различной степени загрязнения характеризуется как «здоровое», при этом величина показателя изменяется от 82 до 96%.

Иная картина отмечается для *S. viminalis*: в зонах максимального и среднего уровня загрязнения данный вид чувствует себя хуже остальных, при этом индекс ОЖС составляет 73–77%, категория «ослабленные». При оценке основных параметров зарослей *S. viminalis* установлено, что густота кроны составляет 80–90%, основными причинами ослабления являются

повышенное количество мертвых сучьев на стволе – до 35% и повреждения листьев – до 30%, при этом преобладающим типом повреждений является наличие хлорозных пятен. На пробных площадках р. Таналык, ниже п. Бурибай (левый берег) и у устья р. Карагайлы (правый берег) ОЖС ивовых группировок *S. viminalis* оценивается как «здоровое» (87 и 90% соответственно). Вероятно, это связано с тем, что здесь *S. viminalis* произрастает в составе пойменных лесов, выступающих мощным компонентом фитофильтра в условиях промышленного загрязнения среды, а на территории указанных ранее учетных точек заросли *S. viminalis* лентовидным бордюром обрамляют русло.

*S. vinogradowii* и *S. dasyclados* в пределах изучаемых створов встречаются только в прибрежной зоне р. Таналык на территории нижнего створа. Их ОЖС приближается к 100% (96% для *S. vinogradowii* и 94% для *S. dasyclados*), поэтому данные ивовые заросли характеризуются как «здоровые». Для обоих видов отмечена высокая густота кроны (до 95%), стволы самоочищаются от мертвых сучьев, поражения ассимиляционных органов не превышают 10% от общего размера листовой пластинки. Нарушения целостности листового аппарата проявляются, большей частью, в виде энтомофильных повреждений и хлорозных пятен.

Итак, видовой состав ивняков местообитаний, близлежащих к объектам горнорудной промышленности, соответствует видовому составу ив на условно чистых площадках. Тем не менее, различные виды ив отличаются по устойчивости к промышленным загрязнителям.

Для выявления наиболее толерантных к неблагоприятным факторам среды видов ив использовали показатель гемеробии. Рассматривали величину разброса доли антропогенно-толерантных видов для группы сообществ, в которых оцениваемые виды встречаются. Согласно расширенному варианту системы Яласа [6], учитывали 7 степеней гемеробии (*a, o, m, b, c, p, t*) – от естественных до полностью нарушенных экосистем.

Определяли количественное соотношение двух групп спектра гемеробности. Первую группу составляет *a-o-m*-отрезок спектра (виды, от не выносящих антропогенные воздействия до устойчивых к незначительным спорадическим влияниям). Вторую группу составляет *b-c-p-t*-отрезок спектра гемеробности (от видов интенсивно используемых сообществ до видов полностью нарушенных экосистем). Долю (%) второй группы рассматривали как показатель

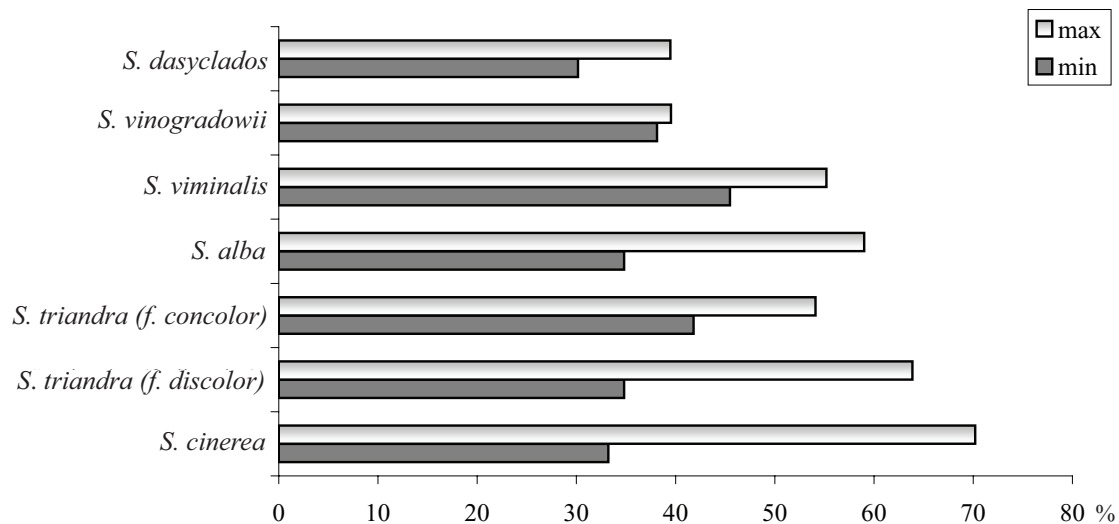




устойчивости и (или) состояния растительных сообществ. Увеличение доли второй группы в растительных сообществах свидетельствует об их большей антропогенной нарушенности или большей устойчивости к этим воздействиям, а

уменьшение, наоборот, о меньшей нарушенности и большей уязвимости [7].

Диапазон доли антропотолерантных видов для фитоценозов, в которых встречается ивовая растительность, представлен на рисунке.



Разброс доли антропотолерантных видов для растительных сообществ с различными видами ив, %: max – максимальная доля антропотолерантных видов, min – минимальная доля антропотолерантных видов

В растительных сообществах с присутствием *S. cinerea* отмечен самый широкий разброс доли видов *b-c-p-t*-гемеробии: его величина составляет от 33,22 до 70,20%. Для фитоценозов с *S. triandra (f. discolor)* данный показатель равен 34,82–63,87 %; для сообществ с присутствием *S. triandra (f. concolor)* – 41,81–54,10 %. Доля антропотолерантных видов в сообществах с *S. alba* изменяется от 34,82 до 59,02%; с *S. viminalis* – 45,48–55,20%.

В целом, высокая доля *b-c-p-t* гемеробов говорит о достаточно высокой устойчивости данных видов ив к комплексному антропогенному воздействию и указывает на их способность произрастать в сообществах, испытывающих интенсивные антропогенные нагрузки.

В фитоценозах, в составе которых произрастают *S. vinogradowii* и *S. dasyclados*, наблюдается сравнительно невысокая доля видов *b-c-p-t*-гемеробии: для сообществ с *S. dasyclados* – 30,16–39,47; для сообществ с *S. vinogradowii* – 38,13–39,53%. Тем не менее, небольшое число описаний с их присутствием не дает возможности выявить какие-либо особенности устойчивости этих видов к неблагоприятным факторам.

Таким образом, в составе ивняков в поймах рек Таналык, Худолаз и Карагайлы максимальным обилием и постоянством обладает вид *S. triandra (f. discolor)*. Относительное жизненное состояние ивовых зарослей в условиях различной степени

антропогенного загрязнения характеризуется, преимущественно, как «здоровое». При этом в качестве наиболее устойчивых можно выделить *S. triandra*, *S. cinerea* и *S. alba*.

#### Список литературы

1. Обзор состояния окружающей природной среды Башкирского Зауралья в 2009 году / Мин-во природопользования и экологии Республики Башкортостан Сибайский территориальный комитет. Сибай, 2010. С. 25.
2. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан в 2010 году. Уфа, 2011. С. 107.
3. Берлянд М. Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнение атмосферы. Л. : Гидрометеоиздат, 1975. 448 с.
4. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб. : Мир и семья, 1995. 54 с.
5. Алексеев В. А. Некоторые вопросы диагностики и классификации поврежденных загрязнением лесных экосистем // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Л. : Наука, 1990. С. 38–54.
6. Jalas J. Hemerobe und hemerochore Pflanzenarten. Ein terminologischer Reformversuch // Acta Soc. Fauna Flora Fenn. 1955. Vol. 72, № 11. S. 1–15.
7. Ишмуратова М. М., Ишбирдин А. Р., Суюндуков И. В. Использование показателя гемеробии для оценки уязвимости некоторых видов орхидей Южного Урала и устойчивости растительных сообществ // Биол. вестник. 2003. Т. 7, № 1–2. С. 33–35.