

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СРЕДЫ В РАЙОНЕ ПАВЛОВСКОГО ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УРОВНЯ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ У ЛЯГУШКИ ПРУДОВОЙ (*RANA LESSONAE CAMERANO*) И БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ (*BETULA PENDULA ROTH*)

© 2017 В. Н. Калаев, И. В. Игнатова, С. А. Епринцев, Д. А. Дмитриев,
А. П. Преображенский, И. Я. Львович

*Воронежский государственный университет
Воронежский институт высоких технологий*

В статье дана оценка уровня флуктуирующей асимметрии растительных и животных объектов на территории, прилегающей к Павловскому горно-обогатительному комбинату. Уровень флуктуирующей асимметрии морфологических признаков у лягушки прудовой, обитающей в трех водоемах, расположенных в районе добычи гранита, можно оценить как соответствующий норме. У березы, произрастающей на краю карьера по добыче гранита, уровень флуктуирующей асимметрии соответствует критическому состоянию, в других точках отмечаются значительные отклонения от нормы. Показано, что некоторые химические элементы могут как повышать, так и понижать уровень асимметрии показателей листовой пластинки березы.

Ключевые слова: флуктуирующая асимметрия, Павловский ГОК, лягушка прудовая, береза повислая.

Горно-обогатительные комбинаты (ГОКи) относятся к числу наиболее мощных загрязнителей окружающей среды вредными веществами промышленного происхождения [18].

В результате деятельности ГОКов помимо добычи и переработки полезных ископаемых, происходит образование специфического сернокислого техногенного ландшафта, загрязнение атмосферы, почвы, поверхностных и подземных вод, накопление твердых и жидких отходов. Жидкие отходы характерно образуются из отработанных «хвостов», карьеров, рудных отвалов [1].

Вредные соединения серы и азота, попадая в реки и озера, угнетают их флору и фауну, нередко приводя к полному уничтожению биологической жизни – от рыб до микроорганизмов. Образование значительных объемов (до 40 тыс. м³/сут.) техноген-

ных вод в зоне горнорудного профиля позволяет рассматривать их как техногенные гидроминеральные ресурсы. Сброс неочищенных техногенных стоков на земную поверхность приводит к накоплению в окружающих водных объектах тяжелых металлов, таких как медь, цинк, железо, марганец. Многие из них обладают кумулятивным действием, а также общетоксичными, эмбриопатическими и мутагенными свойствами [12]. Все вышеперечисленное ставит задачу по выявлению с использованием методов биоиндикации состояния среды, ее пригодности для обитания живых организмов, в том числе, и человека.

В последнее время предлагается довольно широкий спектр различных подходов для биоиндикации антропогенной нагрузки. Основное требование, предъявляемое к подобного рода исследованиям, – простота и быстрота выполнения при высокой степени чувствительности и достоверности. Одним из таких методов является определение интегрального показателя флуктуирующей асимметрии как критерия стабильности развития [3].

Принцип исследования стабильности развития по показателю флуктуирующей асимметрии основан на выявлении нарушений симметрии под воздействием антропогенных факторов. Под флуктуирующей

Калаев Владислав Николаевич – ВГУ, д-р биол. наук, профессор, e-mail: Dr_Huixs@mail.ru.

Игнатова Ирина Викторовна – ВГУ, инженер, e-mail: irina777.84@list.ru.

Епринцев Сергей Александрович – ВГУ, канд. геогр. наук, доцент, e-mail: esa81@mail.ru.

Дмитриев Дмитрий Анатольевич – ВГУ, канд. г.-м. наук, доцент, e-mail: dmitriev@geol.vsu.ru.

Преображенский Андрей Петрович – ВИВТ АНОО ВО, д. т. н., профессор, e-mail: app@vivt.ru.

Львович Игорь Яковлевич – ВИВТ АНОО ВО, д-р техн. наук, профессор.

асимметрией понимают незначительные и случайные отклонения от строгой билатеральной симметрии биообъектов [6]. По мнению А. Т. Чубинишвили [19], отсутствие абсолютно симметричных организмов является следствием несовершенства механизмов, контролирующих онтогенез, проявляющегося в их неспособности противостоять негативному воздействию факторов внешней среды. В связи с этим, флуктуирующая асимметрия организмов по билатеральным признакам представляет собой макроскопическое событие, заключающееся в независимом проявлении либо на левой, либо на правой, либо на обеих сторонах тела в разной степени выраженных признаков.

Указанное свойство позволяет использовать флуктуирующую асимметрию на макроскопическом уровне в качестве меры оценки стабильности развития организма [13]. Уровень морфогенетических отклонений от нормы оказывается минимальным лишь при определенных (оптимальных) условиях среды и неспецифически возрастает при любых стрессовых воздействиях. Таким образом, стабильность развития, оцениваемая по уровню флуктуирующей асимметрии – чувствительный индикатор состояния природных популяций [3, 11, 17].

В связи с этим, целью работы явилась оценка состояния окружающей среды в районе Павловского ГОКа по результатам флуктуирующей асимметрии лягушки прудовой (*Rana lessonae*) и березы повислой (*Betula pendula* Roth).

Выбор объектов исследования обусловлен широким использованием указанных

организмов (березы повислой и лягушки прудовой) для оценки качества среды по уровню флуктуирующей асимметрии на территориях с разным уровнем антропогенного загрязнения. Изучение флуктуирующей асимметрии широко распространено. Выполнена оценка состояния озер Ивано-арахлейского заказника с использованием березы повислой и окуня обыкновенного, показавшая, что наибольшему воздействию подвергается наземная экосистема вблизи озер, где расположено большое количество баз отдыха населения г. Чита и прилегающих населенных пунктов, в то время как состояние озер на территории заказника можно оценить как условно нормальное [8]. Проведена оценка состояния воздушной среды в крупных городах (Воронеж, Москва, Барнаул и др.) [2, 4, 5] на высотном градиенте в Южном Урале и под влиянием выхлопных газов автотранспорта [14] с использованием уровня флуктуирующей асимметрии листьев березы. На основании изучения флуктуирующей асимметрии морфологических признаков остромордой лягушки оценено качество окружающей среды г. Сургута [9], озерной и прудовой – в Нижегородской области [15] и др.

Материалы и методы

Отлов особей производился в июле в трех водоемах Павловского района Воронежской области в окрестностях Павловского ГОКа: Малоказинское водохранилище, пруд в с. Гаврильск, пруд в с. Каменск, находящиеся на удалении в 4, 13 и 17 км от ГОКа соответственно (рис. 1).

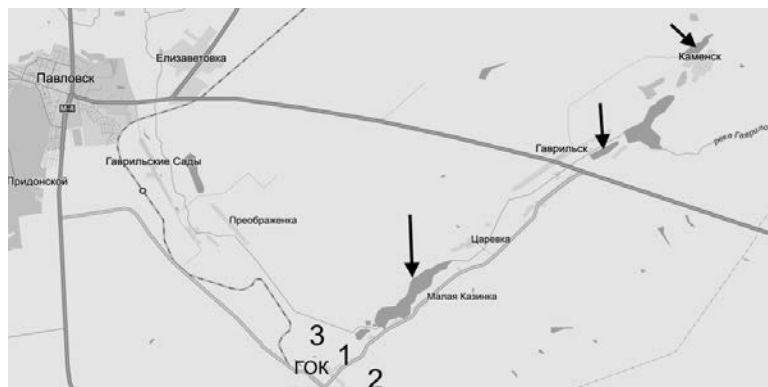


Рис. 1. Расположение точек сбора материала на территории, прилегающей к Павловскому ГОКу (по <https://www.google.ru>). Обозначения: стрелочками указаны водоемы, в которых осуществляли отлов лягушек, цифрами – точки сбора листьев березы повислой

Сбор листьев березы осуществляли в конце сентября по 300 штук с каждого дерева в трех точках (на опытной территории № 1 исследовали 2 дерева, на опытной тер-

риториях № 2-4 дерева, на опытной территории № 3 – 3 дерева) (рис. 1). В точке № 1 сбор проводился с центральных деревьев небольшой рощицы, поэтому основная часть

загрязняющих веществ их не достигала, оседая на краевых деревьях. Точка № 2 представляет собой несколько одиноко стоящих деревьев, которые находятся в направлении, влияния преобладающих ветров от карьера, поэтому они улавливают большую часть загрязнений. Точка № 3 находится непосредственно на краю карьера, рядом с этими деревьями происходит активная добыча гранита, сопровождающаяся взрывами. Для исследования были выбраны особи, достигшие генеративного возраста. Листья примерно одинакового размера собирали с нижней части кроны, с максимального количества доступных веток, относительно равномерно вокруг дерева с укороченных побегов. Сбор материалов, а также его анализ на предмет выявления флуктуирующей асимметрии листа осуществляли согласно рекомендациям В. М. Захарова [7].

Анализ флуктуирующей асимметрии у всех 60, собранных в Павловском районе, особей лягушки прудовой (*Rana lessonae* Cramer, 1882) проводился согласно рекомендациям В. М. Захарова [7].

Для анализа использовали две группы признаков – метрические признаки окраски и остеологии.

При работе с группой европейских зеленых лягушек, в частности, прудовой лягушкой, используются такие признаки, как число полос и пятен на бедре, голени и стопе, число пятен на спине, число белых пятен на плантарной стороне второго, третьего и четвертого пальцев задней конечности, число пор на плантарной стороне четвертого пальца задней конечности, число зубов на межчелюстной кости и сошнике.

Для мерных признаков величина асимметрии у растений рассчитывается как различие в промерах слева и справа, отнесенное

к сумме промеров на двух сторонах. Интегральным показателем стабильности развития для комплекса мерных признаков является средняя величина относительного различия между сторонами на признак. Этот показатель рассчитывается как среднее арифметическое суммы относительной величины асимметрии по всем признакам у каждой особи, отнесенное к числу исследуемых признаков [11].

Проводился анализ содержания тяжелых металлов в листовых пластинках с помощью рентгенофлуоресцентного анализа на спектрометре S8 TIGER в Центре коллективного пользования Воронежского государственного университета.

Статистическую обработку полученных данных проводили на ПЭВМ с использованием пакета статистических программ Stadia. Процедура группировки данных и их обработка изложены в работе А. П. Кулаичева [10]. Проводили сравнение величины флуктуирующей асимметрии и асимметрии каждого признака по непараметрическому Х-критерию рангов Ван-дер-Вардена, т. к. распределение изучаемых признаков не подчиняется нормальному. Для установления корреляционных зависимостей между содержанием тяжелых металлов в листьях и показателями флуктуирующей асимметрии применяли коэффициент корреляции Спирмена (r_s).

Результаты и обсуждение

В контрольных точках были взяты образцы воды, по которым сделали анализ их химического состава. Исследования были проведены санитарно-эпидемиологической службой г. Павловск Воронежской области. Тяжелые металлы и плавающие примеси ни в одном из водоемов выявлены не были (табл. 1).

Таблица 1

Результаты санитарно-гигиенического обследования исследуемых водоемов

| Определяемые показатели | Исследуемые водохранилища | | |
|---|-----------------------------|---------------------|-------------------|
| | Малоказинское водохранилище | пруд в с. Гаврильск | пруд в с. Каменск |
| Водородный показатель (рН) | 7,36 | 6,87 | 7,67 |
| Хлориды, мг/л | 49,5±5,4 | 49,5±5,4 | 49,5±5,4 |
| Биохимическое потребление кислорода, мг О ₂ /л | 6,60 | 6,55 | 6,21 |
| Аммиак, мг/л | 0,31±0,11 | 0,31±0,11 | 0,31±0,11 |
| Нитраты, мг/л | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 |
| Химическое потребление кислорода, мг О ₂ /л | 19,48 | 19,42 | 19,5 |
| Нефтепродукты, мг/л | < 0,04 | < 0,04 | < 0,04 |

На рисунке 2 видно, что уровень флуктуирующей асимметрии у лягушек Павловского района составил 0,3 как у самок, так и самцов, за исключением самок, обитающих в Гаврильском водо-

хранилище (у них уровень флуктуирующей асимметрии составил 0,4, однако статистически достоверных различий с самцами выявлено не было).

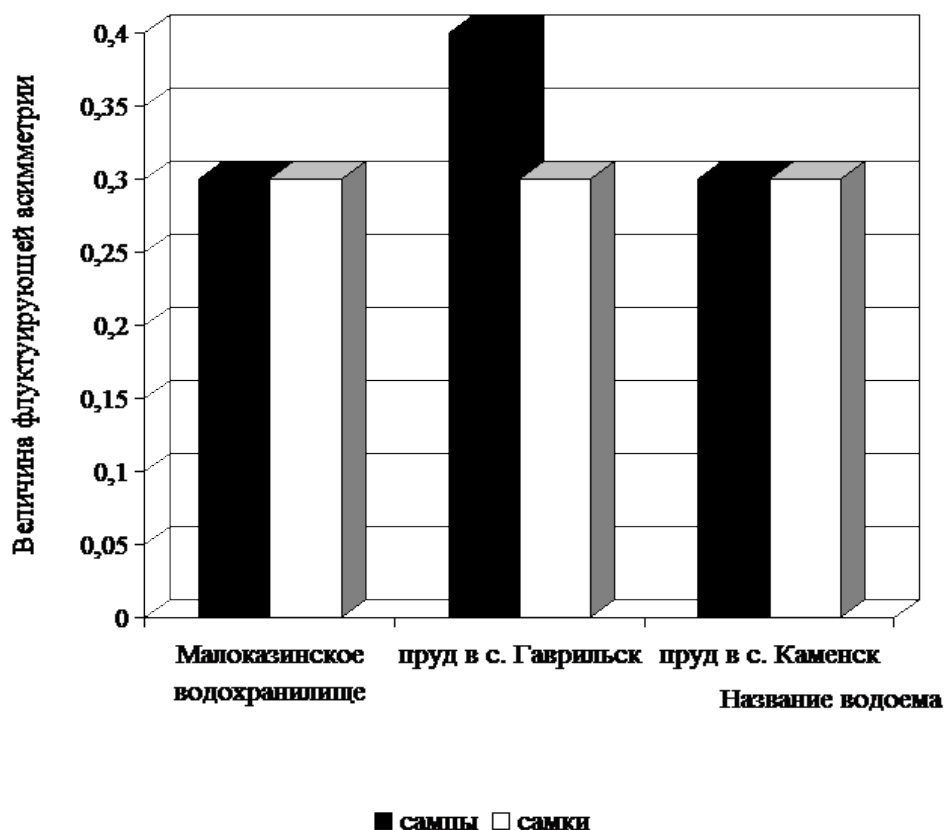


Рис. 2. Величина флуктуирующей асимметрии билатеральных морфологических признаков у самцов и самок лягушки прудой (*Rana lessonae* Camerano, 1882), обитающей в водоемах, расположенных на разном удалении от Павловского ГОКа. Обозначения: 1 – Малоказинское водохранилище; 2 – пруд в с. Гаврильск; 3 – пруд в с. Каменск

Согласно пятибалльной шкале оценки отклонений организма от условной нормы по величине интегрального показателя стабильности развития для земноводных В. М. Захарова, уровень флуктуирующей асимметрии прудовой лягушки соответствует 1 баллу (условно нормальное качество среды).

Рентгенфлуоресцентный анализ выявил широкий спектр химических элементов,

входящих в состав листьев березы повислой, произрастающих на опытных территориях в районе Павловского ГОКа (табл. 2). В норме в состав растений в относительно больших количествах входят кремний, натрий и хлор, а также значительное число так называемых микроэлементов (марганец, бор, цинк и др.), содержание которых исключительно мало – от 10^{-6} до $10^{-8}\%$ (табл. 3).

Таблица 2
Содержание химических элементов в листовых пластинках деревьев березы повислой, произрастающих в окрестностях Павловского ГОКа (в г/тонну)

| Химический элемент | Точка 1 | | Точка 2 | | | | Точка 3 | | |
|--------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| | 2 | | 3 | | | | 4 | | |
| | Дерево № 1 | Дерево № 2 | Дерево № 1 | Дерево № 2 | Дерево № 3 | Дерево № 4 | Дерево № 1 | Дерево № 2 | Дерево № 3 |
| Ca | 21875,21 | 24092,23 | 23923,76 | 29921,68 | 24534,97 | 25455,64 | 24623,76 | 17766,36 | 20626,47417 |
| Mg | 5762,257 | 5529,683 | 9995,269 | 7842,969 | 5187,277 | 6315,916 | 7333,123 | 4560,852 | 5134,81116 |
| K | 2386,269 | 1867,99 | 2414,965 | 4114,214 | 4063,217 | 3259,045 | 2726,6 | 3756,651 | 1881,64203 |
| P | 2778,388 | 2418,384 | 1157,998 | 540,7957 | 757,76950 | 1673,857 | 1350,878 | 2207,727 | 873,65898 |
| Fe | 279,7751 | 500,2664 | 230,7263 | 171,2094 | 192,7159 | 147,3406 | 301,5203 | 251,866 | 269,36692 |

| | | | | | | | | | |
|----|-----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|----------|----------|------------|
| Cl | 1028,36 | 536,9443 | 662,893 | 489,0483 | 555,2804 | 573,6605 | 618,7608 | 370,4092 | 510,20808 |
| Zn | 220,31650 | 134,9949 | 34,34983 | 17,24371 | 95,96290 | 25,03632 | 23,1699 | 66,15114 | 25,28266 |
| Si | 14,138 | 2702,268 | 1284,274 | 922,783 | 946,106 | 685,41670 | 1208,918 | 1233,112 | 1104,97593 |
| Sr | 213,4899 | 97,87727 | 146,13530 | 173,2153 | 170,8973 | 154,6022 | 164,5488 | 94,97111 | 62,27352 |
| S | 528,0502 | 649,0263 | 1154,789 | 1331,267 | 744,1237 | 734,5279 | 612,8735 | 717,9169 | 477,73993 |
| Mn | 99,87626 | 92,38596 | 414,7593 | 219,2315 | 293,2486 | 137,4745 | 178,2383 | 148,4789 | 110,10902 |
| Al | 253,2096 | 765,0901 | 323,6325 | 222,4478 | 240,9945 | 144,7414 | 320,8175 | 380,9134 | 326,01072 |
| Pd | | | | | | | | 80,30591 | |
| Ru | 49,15632 | 45,12674 | 50,91072 | 57,73125 | 38,91194 | 35,23494 | 39,80161 | 56,362 | 57,14438 |
| Mo | 25,98879 | 29,96669 | 20,64743 | 22,83139 | 18,59832 | 21,61058 | 25,56946 | 26,44453 | 26,26944 |
| Cu | 9,68998 | 8,88816 | | 13,03675 | 15,64983 | 16,58188 | 10,61398 | 10,97303 | 8,32768 |
| Ni | | | 6,33775 | | 4,19234 | 4,87596 | 4,51881 | 3,96815 | 3,68173 |
| Ba | 44,88538 | 55,30821 | 65,39952 | | 46,22162 | | 35,25487 | | 94,606 |
| Ti | 30,19759 | 55,1758 | 26,30787 | 22,60261 | 19,82242 | 20,71821 | 36,72651 | 26,27294 | 37,27763 |
| Ag | 30,20054 | | | | | 28,66937 | | 33,06257 | 31,2358 |
| Br | 7,48918 | | | | | | 6,74269 | | |
| Na | 61,96782 | 297,0301 | 84,58619 | | 103,0406 | | 101,705 | 108,4134 | 104,50993 |
| Zr | 17,73144 | 3,96358 | 3,27825 | 4,41623 | 4,16715 | 2,34156 | 4,81733 | 1,84902 | 0,12971 |
| Nb | | | | | | 5,9378 | | | |
| Rh | | | 20,02393 | | | | | | |
| Ce | | | | | | | | | 12,14979 |

Таблица 3

Содержание атомов основных элементов минерального питания, в тыс. на 1 млрд. атомов, в сухом веществе типичного растения (в г/тонну) (по [16])

| Макроэлементы | | Микроэлементы | |
|---------------|-------|---------------|-------|
| N | 10000 | B | 3 |
| P | 1060 | Mn | 1 |
| K | 3760 | Zn | 0,3 |
| Fe | 130 | Cu | 0,1 |
| Ca | 1840 | Mo | 0,005 |
| Mg | 1740 | Co | 0,001 |
| S | 580 | | |

На опытных территориях содержание Fe значительно превышает норму в точках № 1 и № 3, количество Ca и Mg превышает ПДК во всех трех точках, содержание S превышает допустимое количество в точке № 2. Количество Mn, Zn, Cu, Mo значительно превышает норму по всему участку. К тому же выявлен ряд элементов, которые не характерны для состава сухого вещества растений в норме: Sr, Al, Pd, Ru, Ni, Ba, Ti, Ag, Zr, Nb, Rh, Ce. Среди них в большом коли-

честве обнаружены Ti, Ba, Ru, Sr, Al. Поскольку большинство из них встречается в рудах, то они способны выделяться в виде соединений в ходе добычи гранита. Присутствие их в листьях березы повислой обусловлено действием загрязнителей, образующихся в результате добычи гранита, на объекты окружающей среды. Возможно попадание соединений в почву в результате осаждения и дальнейшая миграция этих соединений по растительному организму из зоны всасывания корней к листу. Наибольшее количество нехарактерных для растительного организма элементов отмечается в материале, собранном в точках № 1 и № 3, что объясняется близким расположением этих точек к карьере. Наиболее удаленная от места добычи точка № 1 характеризуется меньшим количеством металлов в листьях.

В ходе проведенных исследований установлены показатели асимметрии морфологических признаков листовой пластинки деревьев березы повислой, произрастающих в разных точках в окрестностях Павловского ГОКа (табл. 4).

Таблица 4

Величина интегрального показателя асимметрии морфологических признаков листовой пластинки березы повислой в различных точках в районе Павловского ГОКа

| Район исследований Признак | Ширина левой и правой половинок листа | Длина второй от основания листа жилки второго порядка | Расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка | Расстояние между концами первой и второй жилок второго порядка | Угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка |
|-------------------------------|---------------------------------------|---|--|--|--|
| Точка № 1 | 0,0291 | 0,0286 | 0,07612 | 0,05301 | 0,04983 |
| Точка № 2 | 0,04117 | 0,04324 | 0,07786 | 0,06317 | 0,04333 |
| Точка № 3 | 0,1008 | 0,09112 | 0,09647 | 0,1088 | 0,05156 |

Показано изменение величины интегрального показателя флуктуирующей асимметрии от точки № 1 к точке № 3. Величина его увеличивается по каждому признаку прямо пропорционально загрязнению растительного материала. Также следует отметить уровень чувствительности каждого признака к загрязнению: наиболее чувствителен признак «ширина левой и правой половинок листа» – этот показатель сильнее реагирует на загрязнение.

Анализ уровня флуктуирующей асимметрии листовой пластинки *Betula pendula* Roth в разных точках в окрестностях Павловского ГОКа позволяет говорить о разной степени их загрязнения (рис. 3). Таким образом, на основании изучения величины флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой и разработанной В. М. Захаровым балльной шкалы оценки качества среды по данному показателю можно расположить точки по степени загрязнения следующим образом: наиболее загрязненная – точка № 3 (5 баллов качества среды), среднезагрязненная – точка № 2 (5 баллов качества среды), наименее загрязненная – точка № 1 (4 балла качества среды).

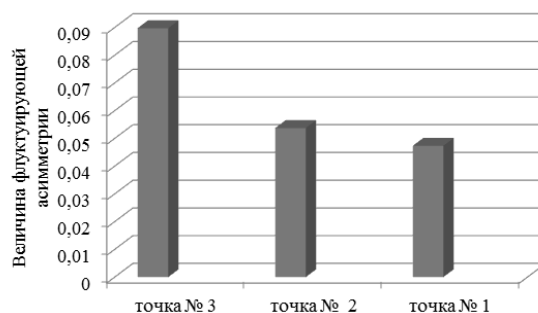


Рис. 3. Величина флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой в различных точках в окрестностях Павловского ГОКа

В целом, в районе сбора материала по флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой наблюдается значительное угнетение состояния наземных экосистем, что обусловлено активной добычей гранита методом подрыва.

Были установлены корреляционные связи между показателями флуктуирующей асимметрии и содержанием металлов в листьях (табл. 5).

Таблица 5

Корреляция между содержанием металлов в листовых пластинках деревьев березы повислой, произрастающих в окрестностях Павловского ГОКа и уровнем флуктуирующей асимметрии (содержание металлов г/тонну)

| Металлы, (г/тонну) | Ширина левой и правой половинок листа | Длина жилки второго порядка, второй от основания листа | Расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка | Расстояние между концами первой и второй жилок второго порядка | Угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка | Уровень флуктуирующей асимметрии |
|--------------------|---------------------------------------|--|--|--|--|----------------------------------|
| Al | | | | | 0,516 * | |
| Mn | | | | | -0,7167* | |
| Ni | | 0,55* | 0,6* | | -0,6167* | 0,5167* |
| Zn | | -0,5* | | -0,5* | | |
| Sr | | | -0,6167* | | | |
| Mo | | | | | 0,8833** | |
| Pd | 0,65* | 0,575* | 0,5* | 0,575* | 0,65** | 0,575* |
| Ag | | | | | 0,75*5 | |
| Ce | 0,5* | 0,5* | 0,575* | 0,5* | 0,575* | 0,5* |

Обозначения: * – коэффициент корреляции отличен от нуля ($P < 0,05$);

** – коэффициент корреляции отличен от нуля ($P < 0,01$).

Наибольшее количество корреляционных связей (7) отмечается между содержанием металлов и показателем «угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка». Наименьшее количество связей (2) отмечается между содержанием тяжелых металлов и признаком

«ширина левой и правой половинок листа». Стоит отметить, что некоторые металлы снижают уровень асимметрии для некоторых признаков асимметрии (например, цинк для показателей «длина жилки второго порядка, второй от основания листа» и «расстояние между концами первой и второй

жилок второго порядка); стронций для показателя «расстояние между основаниями первой и второй жилки второго порядка»; марганец для показателя «угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка»). Никель может увеличивать значения асимметрии таких признаков, как «длина жилки второго порядка, второй от основания листа», «расстояние между основаниями первой и второй жилки второго порядка», «уровень флуктуирующей асимметрии», и снижать его для такого показателя, как «угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка».

Заключение

1. У лягушек прудовых (*Rana lessonae* Camerano, 1882), обитающих в водоемах Павловского района вблизи горно-обогатительного комбината (Малоказинское водохранилище, пруд в с. Гаврильск, пруд в с. Каменск), уровень флуктуирующей асимметрии билатеральных морфологических признаков составил 0,3, что соответствует 1 баллу по пятибалльной шкале оценки отклонений организма от условной нормы В. М. Захарова. Это говорит об условной норме состояния среды обитания [7] в обследованных водных экосистемах. Различия между полами установлены не были.

2. Установлен уровень загрязнения окружающей среды по уровню флуктуирующей асимметрии у березы повислой, произрастающей на территории, прилегающей к Павловскому ГОКу. Наиболее загрязненные – точка № 3 (5 баллов качества среды), среднезагрязненная – точка № 2 (5 баллов качества среды), наименее загрязненная – точка № 1 (4 балла качества среды).

3. Полученные результаты исследования уровня флуктуирующей асимметрии лягушки прудовой и березы повислой совпадают с данными по содержанию ряда поллютантов в водоемах и изученных растениях. Некоторые химические элементы могут как повышать, так и понижать уровень асимметрии показателей листовой пластинки березы.

4. Проведенные исследования являются элементом биомониторинга и отражают состояние среды обитания в районе крупного горнодобывающего предприятия – Павловского ГОКа.

Исследование выполнено в рамках и при поддержке проекта РФФИ № 16-45-360284 p_a «Мониторинг состояния биотехноносферы урбанизированных территорий Во-

ронезской области как фактора устойчивого развития региона».

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдрахманов Р. Ф. Влияние техногенеза на поверхностные и подземные воды Башкирского Зауралья и их охрана от загрязнения и истощения / Р. Ф. Абдрахманов, Р. М. Ахметов // Геологический сборник. – 2006. – № 6. – С. 266-269.

2. Анализ качества окружающей среды функциональных зон мегаполиса методом флуктуирующей асимметрии / Н. М. Богомолова [и др.] // Экологические системы и приборы. – 2015. – № 10. – С. 10-14.

3. Биоиндикация загрязнения районов г. Воронежа по величине флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой / В. Н. Калаев [и др.] // Вестник ВГУ: серия: химия, биология, фармация. – 2011. – № 2. – С. 168-175.

4. Виноградов П. М. Оценка качества среды обитания города Воронежа на основе анализа интегрального показателя стабильности развития березы повислой (*Betula pendula* Roth.) и тополя пирамидального (*Populus pyramidalis* Borkh.) / П. М. Виноградов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/120-16242>.

5. Ерещенко О. В. Изменение морфометрических параметров листовой пластинки березы повислой *Betula pendula* Roth. в условиях Барнаула / О. В. Ерещенко, Л. П. Хлебцова // Известия Алтайского государственного университета. – 2013. – № 3-2 (79). – С. 26-30.

6. Захаров В. М. Асимметрия животных / В. М. Захаров – М.: Наука, 1987. – 216 с.

7. Захаров В. М. Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых организмов / В. М. Захаров, Ф. И. Шкиль. – М., 2003. – С. 17-23.

8. Звягинцев В. В. Оценка экологического состояния озер Ивано-Арахлейского заказника с помощью метода биоиндикации / В. В. Звягинцев, О. Ю. Звягинцева // Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления. – 2015. – Т. 3, № 54. – С. 22-27.

9. Ибрагимова Д. В. Сравнительная оценка состояния окружающей среды города Сургута по стабильности развития и зараженности гельминтами остромордой лягушки (*Rana arvalis*, nils, 1842) / Д. В. Ибрагимо-

ва // Вестник Сургутского государственного университета. – 2015. – № 3 (9). – С. 49-52.

10. Кулаичев А. П. Методы и средства комплексного анализа данных / А. П. Кулаичев. – М.: ФОРУМ, ИНФА-М, 2006. – 512 с.

11. Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур) / МПР РФ; Введ. 16.10.03. – № 460-Р. – М., 2003. – 24 с.

12. Мишурина О. А. Комплексные исследования и технологические решения по извлечению марганца из гидротехногенных ресурсов ГОКов Южного Урала // О. А. Мишурина, Н. Л. Медяник // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2009. – № 8. – С. 198-203.

13. Онтогенез и популяция: оценка стабильности развития в природных популяциях / В. М. Захаров [и др.] // Онтогенез. – 2001. – Т. 32. – № 6. – С. 404-421.

14. Рахмангулов Р. С. Морфологическая структура и изменчивость листьев березы (*Betula L.*) на высотном градиенте (Южный Урал) и в условиях антропогенной нагрузки: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. / Р. С. Рахмангулов – Уфа, 2017. – 18 с.

15. Романова Е. Б. Оценка качества среды водных объектов урбанизированной территории по стабильности развития амфибий / Е. Б. Романова, Е. А. Южина, М. И. Тихонова // Проблемы региональной экологии. – 2013. – № 2. – С. 82-87.

16. Смирнов П. М. Агрехимия / П. М. Смирнов, Э. А. Муравин. – М.: Колос, 1984. – 304 с.

17. Солдатова В. Ю. Флуктуирующая асимметрия березы плосколистной (*Betula platyphylla Sukacz.*) как критерий качества городской среды и территорий, подверженных антропогенному воздействию (на примере Якутии): Автореф. дис. ... канд. биол. наук / В. Ю. Солдатова – Якутия, 2006. – 18 с.

18. Чмыхалова С. В. Сравнительный анализ загрязнения окружающей среды ведущими горно-обогатительными комбинатами европейской части России / С. В. Чмыхалова, А. С. Монаков // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2001. – № 3. – С. 29-30.

19. Чубинишвили А. Т. Морфогенетическая и цитогенетическая характеристика природных популяций зеленых лягушек гибридогенного комплекса *Rana esculenta* в естественных условиях и подверженных антропогенному воздействию: Автореф. дис. ... канд. биол. наук / А. Т. Чубинишвили – М., 1997. – 20 с.

THE EVALUATION GENOTOXICITY ENVIRONMENT IN AREAS PAVLOVSKY MINING AND PROCESSING PLANT WITH FROG POND (*RANA LESSONAE CAMERANO*) AND BIRCH (*BETULA PENDULA ROTH*)

© 2017 V. N. Kalaev, I. V. Ignatova, S. A. Eprintsev, D. A. Dmitriev, E. V. Tihomirova, A. P. Preobrazhenskiy, I. Y. Lvovich

Voronezh State University
Voronezh Institute of High Technologies

The estimation of the fluctuating asymmetry level of plant and animal objects in the area adjacent to the Pavlovsk mining and processing plant has been provided. The level of fluctuating asymmetry of morphological characteristics in the pond frog, inhabiting in the three reservoirs, situated in the granite mining area can be considered as an appropriate rate. In birch growing on the edge of the quarry for the extraction of the grant, the level of fluctuating asymmetry corresponds to the critical state, elsewhere there are significant deviations from the norm. It demonstrated that certain chemicals can either increase or decrease the level of asymmetry indicators birch leaf plate.

Keywords: fluctuating asymmetry, Pavlovsk mining and processing plant, pond frog, silver birch.