

**УДК 574.24(571.51)**

**Оценка возможности использования *Sorbus aucuparia* для рекультивации нарушенных земель вблизи разреза «Бородинский» ОАО «СУЭК-Красноярск»**

**СЛЕПОВ Александр Николаевич**

*Преподаватель ФГБОУ ВО Сибирской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России, 662972, г. Железногорск, Красноярский край, Россия ул. Северная, 1, e-mail: randow2010@yandex.ru*

**ЛАГУНОВ Андрей Николаевич**

*Канд. пед. наук, начальник кафедры пожарно-технических экспертиз ФГБОУ ВО Сибирской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России, 662972, г. Железногорск, Красноярский край, Россия ул. Северная, 1, e-mail: a.lagunov@mail.ru*

**КОРОТЧЕНКО Ирина Сергеевна**

*Канд. биол. наук, доцент ФГБОУ ВО Красноярского государственного аграрного университета, 660049, г. Красноярск, Красноярский край, Россия, пр. Мира, 90, e-mail: kisaspi@mail.ru,*

**БОЯРИНОВА Светлана Петровна**

*Старший преподаватель ФГБОУ ВО Сибирской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России, 662972, г. Железногорск, Красноярский край, Россия ул. Северная, 1, e-mail: sveta1208@mail.ru*

**ПЕРВЫШИНА Галина Григорьевна**

*Доктор. биол. наук, профессор ФГАОУ ВО Сибирского федерального университета, 660075, г. Красноярск, Красноярский край, Россия, ул. Л. Прушинской, 2, e-mail: eva\_apple@mail.ru*

*Аннотация: В статье показано воздействие угледобывающего предприятия в Рыбинском районе Красноярского края (разрез «Бородинский» ОАО «СУЭК-Красноярск») на стабильность развития рябины обыкновенной. Репрезентативность данных подтверждена соответствующей статистической обработкой. Выявлен морфометрический показатель листовой пластинки рябины обыкновенной чувствительный к негативным факторам в окружающей природной среде, усиливающимся под влиянием угледобывающей отрасли. Интегральный показатель флуктуирующей асимметрии характеризовался наибольшими значениями (0,033) у листовых пластинок растений, произрастающих вблизи угольного разреза, а также увеличивался в результате неблагоприятных климатических условий – одновременное повышение температуры и снижение количества выпавших осадков. На основе сравнения стабильности развития с изученными нами видами растений сделан вывод, что возможно использовать рябину обыкновенную для озеленения техногенно нарушенных территорий.*

**Ключевые слова:** *угледобывающая отрасль, окружающая природная среда, рябина обыкновенная, стабильность развития, загрязнение.*

**Введение.**

Среди десяти выделяемых в настоящее время регионов Российской Федерации, обладающих наибольшими запасами топливно-энергетических ресурсов, Красноярский край занимает третье место [1]. Однако достаточно суровые климатические условия, в частности резко континентальный климат, накладывают значительный отпечаток не только на условия добычи угля, но и на степень воздействия данного производства относительно состояния окружающей среды. Отработка запасов каменного угля Бородинского разреза Красноярского края, начиная с момента ввода его в эксплуатацию в 1950 году [2] ведется открытым способом и сопровождается, соответственно, как стационарно-деструкционным, так и ингредиентным загрязнением. Таким образом, угледобывающая отрасль оказывает значительное негативное влияние на снижение биоразнообразия прилегающих территорий как в результате непосредственного воздействия за счет уничтожения мест обитания, так и косвенное – путем воздействия на место произрастания растительного сырья химических и физических факторов [3]. В последнее время увеличивается число публикаций, посвященных как мониторингу техногенного воздействия угледобывающих предприятий на состояние окружающей среды [4-6], так и решению проблемы снижения биоразнообразия за счет посадки древесно-кустарниковых пород [7].

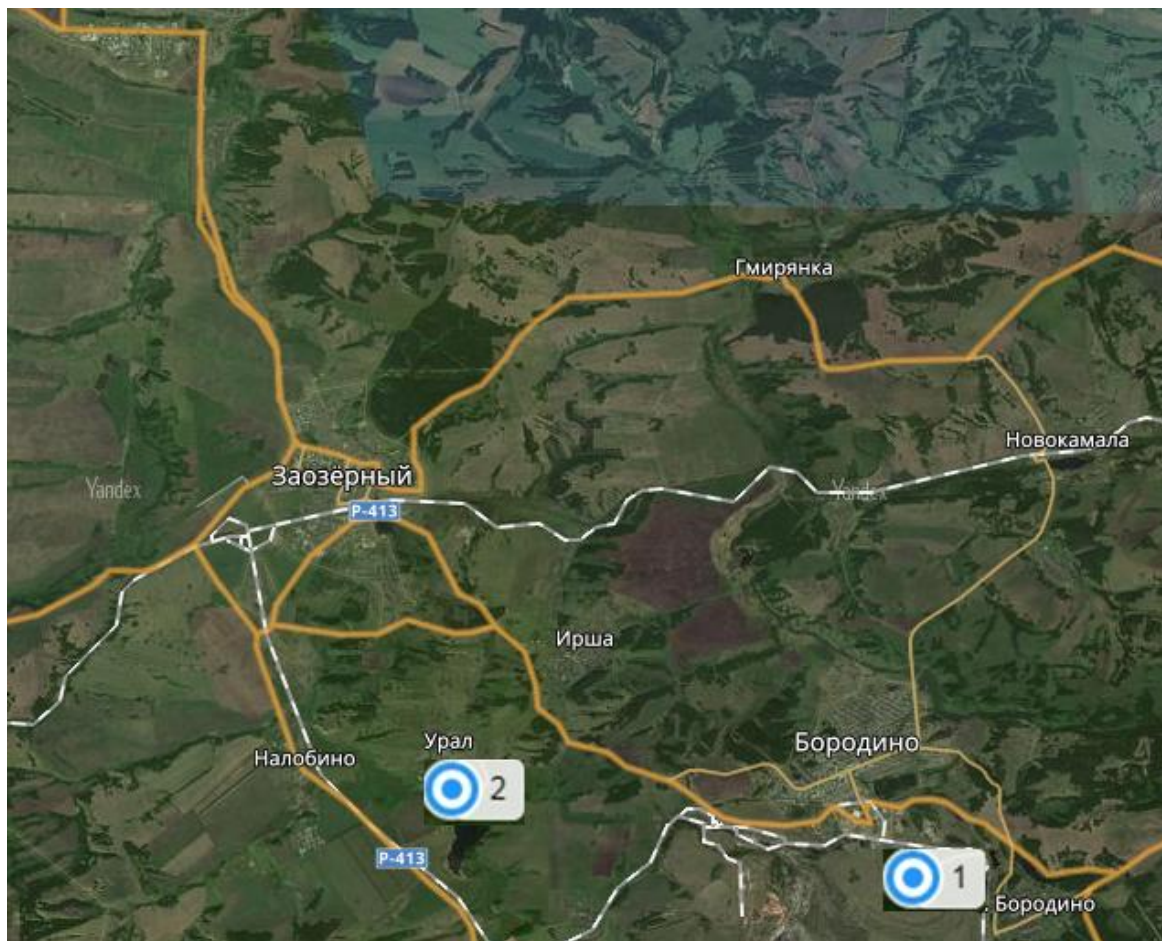
Однако на развитие растений, в том числе древесных, оказывает значительное влияние как климатические условия места произрастания, так и физико-химические и биотические особенности среды [8]. Достаточно популярным показателем для определения уровня стабильности развития растения на сегодняшний день является индекс флуктуирующей асимметрии (ИФА), характеризующий незначительное отклонение от нуля разности величин правой и левой части билатерально симметричного признака. Ряд авторов демонстрируют достаточно успешное использование данного показателя для определения уровня стабильности развития растения [9-10], другие отмечают отсутствие или достаточно слабую корреляцию увеличения ИФА при стрессе [11]. В тоже время, изучение ИФА листовых пластин показало серьезное влияние на данный показатель как биотических [12], так и абиотических факторов [13-15].

Конечно, методологически определение уровня стабильности растения с использованием ИФА вызывает ряд вопросов. Так, Козлов М.В. с соавторами [16] обращает внимание на то, что получение корректных оценок требует применения не только трудоемких и достаточно высокоточных измерений, но и использование статистических методов обработки полученных результатов.

Исходя из вышесказанного, целью настоящей работы явилось определение стабильности развития рябины обыкновенной, произрастающей на территории Рыбинского района Красноярского края.

#### **Материалы и методы исследования.**

Модельным объектом являлись полносформированные листья рябины обыкновенной, собранные в период 2-9 сентября 2016-2018 года на территории двух экспериментальных площадок, расположенных в Рыбинском районе Красноярского края (рис.1).



*Рис. 1. Карта-схема отбора растительных проб на территории Рыбинского района Красноярского края (1 – вблизи угольного разреза «Бородинский» Канско-Ачинского угольного бассейна, 2 – вблизи п. Урал (удаление от автотрасс не менее 200 м))*

Поскольку листья рябины обыкновенной сложные, проводили отбор образцов длиной 17–18 см, с 9–11 сидячими широколанцетными зубчатыми по краю листиками. Измерению подвергали каждую листовую пластинку с правой стороны листа, длиной 4–5 см. В настоящем исследовании нами была использована широко распространенная методика [16, 17], на основании которой для анализа осуществляли отбор не менее 200 шт. листьев на каждом рассматриваемом участке. Данная операция выполнялась с южной и западной стороны кроны (средняя часть) с 5–10 растений. Листья отжимали между слоями фильтровальной бумаги и гербаризировали. Для обмера использовали листовые пластинки, не имеющие механического повреждения или деформации. Подготовленное растительное сырье сканировали с разрешением 400dpi. Измерения проводились 5 участниками, информация о месте сбора листьев была зашифрована. На листовых пластинках осуществляли промеры наиболее стандартных [17, 18] метрических билатеральных признаков:

$j_1$  – ширины левой и правой половинок листовой пластинки;

$j_2$  – расстояния от основания листовой пластинки до конца жилки второго порядка;

$j_3$  – расстояния между основаниями первой и второй жилок второго порядка;

$j_4$  – расстояния между концами первой и второй жилок второго порядка;

$j_5$  – угла между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка.

Поскольку ранее Зориной А.А. [19] было установлено, что объекты разного качества можно сравнивать при использовании базового способа нормировки статистических данных, статистическая обработка данных проводилась с его использованием.

### Результаты исследования и их обсуждение.

Результаты дисперсионного анализа показали значительную, по сравнению с другими признаками, асимметрию листовой пластины рябины обыкновенной относительно показателей  $j_1$  и  $j_3$  (рис. 2), поэтому дальнейшую оценку стабильности развития растений осуществляли с использованием данных показателей.

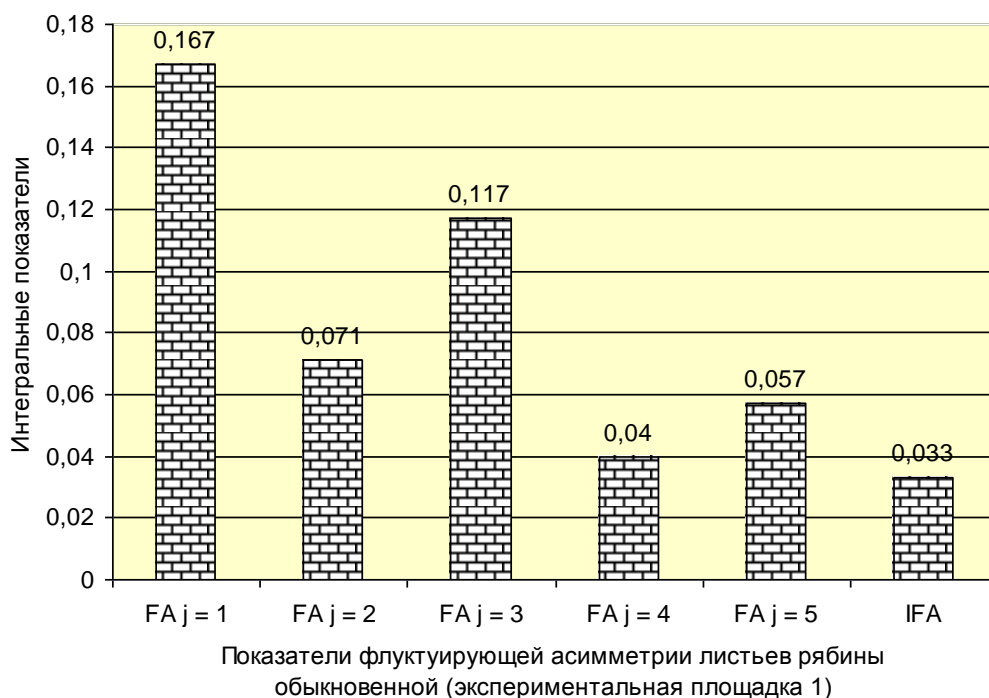


Рис. 2. Показатели флуктуирующей асимметрии листьев рябины обыкновенной, произрастающей на экспериментальной площадке 1 (сбор сентябрь 2017 г.)

Рассматривая климатические условия произрастания растений, следует отметить, что наибольшее количество осадков выпало в 2017 году – данный показатель составил относительно 2016 года составил 155%, относительно 2018 года – 206,1% (табл.1).

Таблица 1

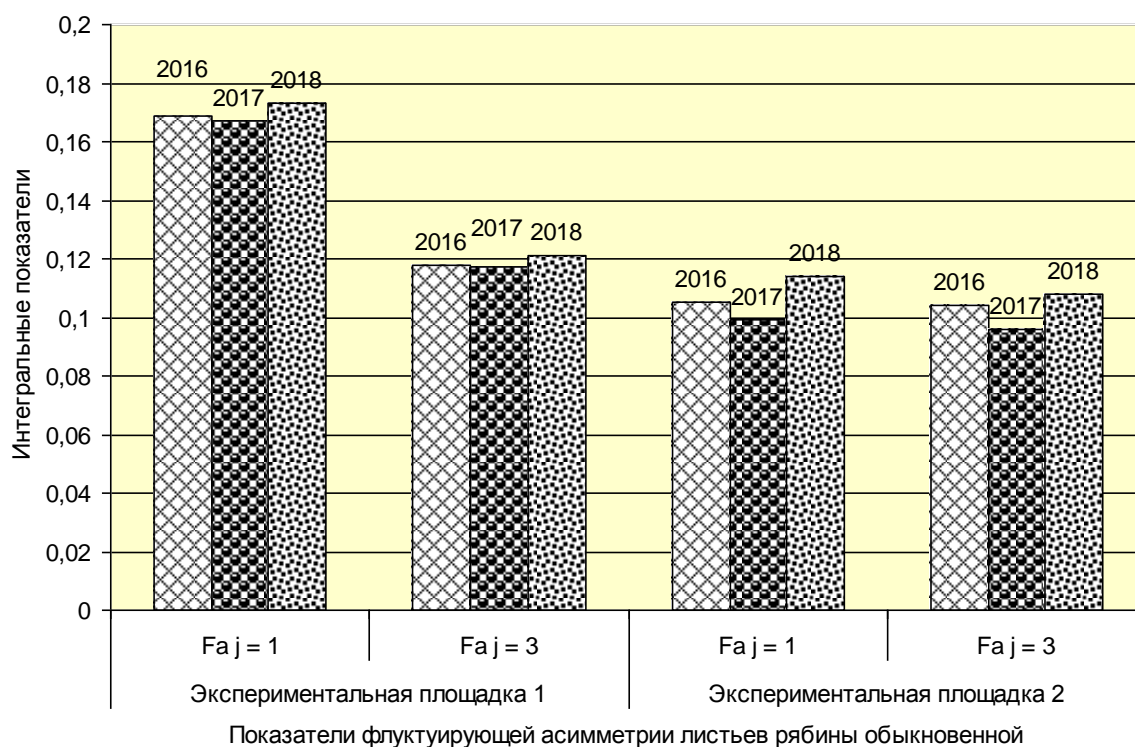
### Климатические показатели на территории Рыбинского района Красноярского края, 2016-2018 гг.

	Средняя температура воздуха °С			Количество выпавших осадков за месяц, мм			Климатическая норма	
	2016	2017	2018	2016	2017	2018	T, °С	R, мм
Май	8,4	11,2	10,4	85	61	38	10,4	44
Июнь	18,7	19,5	19,8	29	44	55	15,9	63
Июль	20,4	18,8	17,7	77	43	41	18,7	76

Август	16,7	15,7	18,0	43	190	30	15,7	67
Среднее	16,1	16,3	16,5	58,5	84,5	41,0	15,2	62,5

При этом средняя температура воздуха в течение вегетационного периода различалась незначительно.

Действительно, прослеживается незначительное влияние года сбора на наиболее значимые показатели асимметрии листовой пластины рябины обыкновенной (рис. 3). Возможно, это связано с тем, что отсутствовали значительные колебания температуры, и, в основном, было зарегистрировано только значительные колебания в количестве выпавших осадков. С этой точки зрения, 2018 год был неблагоприятным – при незначительном количестве осадков он характеризовался достаточно высокой среднемесячной температурой.



*Рис. 3. Влияние года и места сбора на величину ИФА листовой пластины рябины обыкновенной*

Большее значение имеет место произрастания растения. Несмотря на то, что авторы [11] отмечают невозможность использования ИФА в качестве надежного показателя экологического стресса, ими было зафиксировано увеличение данного показателя при загрязнении тяжелыми металлами. В нашем случае, повышенное значение ИФА наблюдается у растений, расположенных вблизи разреза «Бородинский». Это может быть связано, в первую очередь, с ингредиентным загрязнением. Аналогичные закономерности нами были выявлены ранее на примере флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой [20].

В тоже время, следует отметить достаточно низкое значение интегрального показателя (Fa) рябины обыкновенной, что свидетельствует о неплохой стабильности развития растений.

**Заключение.**

По результатам исследований показана достаточно высокая стабильность развития рябины обыкновенной в условиях Рыбинского района Красноярского края и, как следствие, возможность использования данного вида для озеленения и благоустройства территорий, прилегающих к разрезу «Бородинский» ОАО «СУЭК-Красноярск».

### **Список литературы**

1. Левинзон С.В. Энергоресурсы: прогнозы и реальность. Москва: Академия естествознания, 2018. 409 с.
2. Артемьев В.Б. Преодолен рубеж в миллиард тонн угля // Уголь. 2014. № 8. С.7-10.
3. Сборник инновационных решений по сохранению биоразнообразия для угледобывающего сектора. Кемерово, Новокузнецк. ИнЭкА, 2017. 256 с.
4. Сафронова О.С., Евсеева И.Н. Мониторинг техногенного воздействия разреза «Черногорский» ООО «СУЭК-Хакассия» на территорию санитарно-защитной зоны // Уголь. 2018. № 9. С.95-98. doi: 10.18796/0041-5790-2018-9-95-98
5. Балакина Г.Ф., Куликова М.П. Экологические проблемы формирования углепромышленной отрасли в Республике Тыва // Уголь. 2018. № 11. С.96-101. doi: 10.18796/0041-5790-2018-11-96-101.
6. Зеньков И.В., Нефедов Б.Н., Кирюшина Е.В., Заяц В.В. Результаты дистанционного мониторинга экологического состояния нарушенных земель разрезом «Коркинский» // Уголь. 2018. № 9. С.99-102. doi: 10.18796/0041-5790-2018-9-99-101.
7. Лавриненко А.Т., Остапова Н.А., Сафронова О.С., Евсеева И.Н. Способ выращивания кустарниковых пород для биологической рекультивации техногенных отвалов в аридных условиях Республики Хакассия // Уголь. 2018. № 11. С.92-96. doi: 10.18796/0041-5790-2018-11-92-94.
8. Баранов С. Г. Феногенетический аспект асимметрии листовых пластин *Betula pendula* Roth. // Научные ведомости. Серия Естественные науки. 2016. 11 (232). Вып.35. С.10-20.
9. Зорина А. А., Коросов А. В. Характеристика флуктуирующей асимметрии листа двух видов берез в Карелии //Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2007(11). С.28-36.
10. Зыков И. Е., Федорова Л. В., Баранов С. Г. Оценка биоиндикационного значения уровня изменчивости параметров листовых пластинок липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) в условиях города Орехово-Зуево и Орехово-Зуевского района // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2015. № 1. С.15–21.
11. Tobias M. Sandnera, Vitali Zverev, Mikhail V. Kozlov Can the use of landmarks improve the suitability of fluctuating asymmetry in plant leaves as an indicator of stress? // Ecological Indicators. 2019. 97. P. 457-465.
12. Kozlov M. V., Cornelissen T., Gavrikov D.E., Kunavin M. A., Lama A. D., Milligan J. R., Zverev V., Zvereva E. L. Reproducibility of fluctuating asymmetry measurements in plants: Sources of variation and implications for study design // Ecological indicators. 2017. 73. P.733-740.

13. Baranov S. G. Littleleaf Linden *Tilia cordata* (Mill.): Only Some Bilateral Traits Indicate Chemical Pollution Induced by Chemical Plant // *Advances in Biological Research*. 2014. 8 (4).P. 143-148.

14. Baranov S. G. Use of morphogeometric method for study fluctuating asymmetry in leaves *Tilia cordata* under industrial pollution // *Adv. Environ. Biol.*, 8 (7). 2014. P. 2391–2398.

15. Wuytack T., Wuyts K., Van Dongen S., Baeten L., Kardel F., Verheyen K., Samson R. The effect of air pollution and other environmental stressors on leaf fluctuating asymmetry and specific leaf area of *Salix alba* L. // *Environmental pollution*. 2011. 159(10). P.2405-2411.

16. Козлов М.В. Исследование флуктуирующей асимметрии растений в России: мифология и методология // *Экология*. 2017. №1. С.3–12

17. Здоровье среды: методика оценки / В.М. Захаров, А.С. Баранов, В.И. Борисов [и др.]. М.: Центр экологической политики России, 2000. 66 с.

18. Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ: распоряжение Росэкологии от 16 октября 2003 г. № 460-р. М. 2003. 24 с.

19. Зорина А.А. Методы статистического анализа флуктуирующей асимметрии // *Принципы экологии*. 2012. Т. 1. № 3. С. 24–47.

20. Первышина Г.Г., Коротченко И.С. Оценка стабильности развития березы повислой, произрастающей вблизи месторождений «Бородинское» и «Итатское» Канско-Ачинского угольного бассейна// *Вестник КрасГАУ*. 2017. 9. С.116–121.

UDC 574.24 (571.51)

### **Title**

**ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF USING SORBUS AUCUPARIA FOR THE RECULTIVATION OF DISTURBED LANDS NEAR THE OPEN-PIT MINE OF «BORODINSKY» OJSC «SCEC-KRASNOYARSK»**

### **Authors**

**Slepov A.N.<sup>1</sup>, Lagunov A.N.<sup>1</sup>, Korotchenko I.S.<sup>2</sup>, Boyarinova S.P.<sup>1</sup>, Pervyshina G.G.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*FGBOU VO Siberian Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Emergencies Ministry of Russia, Zheleznogorsk, Krasnoyarsk Krai, Russia (662972, Zheleznogorsk, st. Severnaya, 1), e-mail: randow2010@yandex.ru*, <sup>2</sup>*FGBOU VO Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Krasnoyarsk Krai, Russia (660049, Krasnoyarsk, ave. Mira., 90), e-mail: kiaspi@mail.ru*, <sup>3</sup>*FGAOU VO Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Krasnoyarsk Krai, Russia (660075, Krasnoyarsk, st. L. Prushinskaya, 2 ), e-mail: eva\_apple@mail.ru*

### **Abstract**

The article shows the impact of a coal-mining enterprise in the Rybinsky district of the Krasnoyarsk Territory («Borodinsky» OJSC «SCEC-Krasnoyarsk») on the stability of the mountain ash. The representativeness of data is confirmed with the corresponding statistical processing. A morphometric indicator of a rowan ashberry is found to be

sensitive to negative factors in the environment, which are aggravated by the coal mining industry. The integral indicator of fluctuating asymmetry was characterized by the highest values (0.033) in the leaf blades of plants growing near the coal mine, and also increased as a result of adverse climatic conditions – a simultaneous temperature increase and a decrease in the amount of precipitation. On the basis of comparing the stability of development with the plant species studied by us, it was concluded that it is possible to use mountain ash ordinary for planting of technologically disturbed areas.

## Keywords

Coal mining industry, natural environment, mountain ash, development stability, pollution.

## References

1. Levinzon S.V. Energy resources: forecasts and reality. Moscow: Academy of natural sciences, 2018. 409 p.
2. Artemyev V.B. Milestone of Billion Tons of Coal Got Over. *Ugol' - Russian Coal Journal*, 2014. No. 8. pp 7-10.
3. The collection of innovative solutions on preservation of a biodiversity for the coal-mining sector. Kemerovo, Novokuznetsk. InEcA, 2017. 256 p.
4. Safronova O.S., Evseeva I.N. Monitoring of anthropogenic impact of «Chernogorsky» open-pit mine «Suek-Khakassia» llc on the territory of sanitary-protective zone. *Ugol' - Russian Coal Journal*, 2018. No. 9. pp 95-98. doi: 10.18796/0041-5790-2018-9-95-98.
5. Balakina G.F., Kulikov M.P. Environmental problems of coal industry formation in the republic of Tyva. *Ugol' - Russian Coal Journal*, 2018. No. 11. pp 96-101. doi: 10.18796/0041-5790-2018-11-96-101.
6. Zenkov I.V., Nefedov B.N., Kiryushina E.V., V.V. Hare. Results of disturbed lands environmental condition remote monitoring in "Korkinsky" open-pit mine. *Ugol' - Russian Coal Journal*, 2018. No. 9. pp 99-102. doi: 10.18796/0041-5790-2018-9-99-101.
7. Lavrinenko A.T., Ostapova N.A., Safronova O.S., Evseeva I.N. A method of growing trees and shrub species for biological recultivation of technogenic dumps in the arid environment of the republic of Khakassia. *Ugol' - Russian Coal Journal*, 2018. No. 11. pp 92-96. doi: 10.18796/0041-5790-2018-11-92-94.
8. Baranov S. G. Phenogenetic aspect of asymmetry of leaf plate of *Betula pendula* Roth. *Scientific sheets. Series Natural sciences*, 2016. 11 (232). Vol. 35. pp 10-20.
9. Zorina A.A., Korosov A.V. Characteristics of the fluctuating leaf asymmetry in two birch species in Karelia. *Works of the Karelian scientific center of the Russian Academy of Sciences*, 2007(11). pp 28-36.
10. Zykov I.E., Fedorova L.V., S.G. Assessment of the biological value of the level of variability of the parameters of leaf blades of small-leaved linden (*Tilia cordata* mill.) in the city of orekhovo-zuyevo and orekhovo-zuyevo region. *Messenger of the Moscow state regional university. Series: Natural sciences*. 2015. No. 1. pp 15-21.
11. Tobias M. Sandner, Vitali Zverev, Mikhail V. Kozlov Can the use of landmarks improve the suitability of fluctuating asymmetry in plant leaves as an indicator of stress? // *Ecological Indicators*. 2019. 97. P. 457-465.



12. Kozlov M. V., Cornelissen T., Gavrikov D.E., Kunavin M. A., Lama A. D., Milligan J. R., Zverev V., Zvereva E. L. Reproducibility of fluctuating asymmetry measurements in plants: Sources of variation and implications for study design // *Ecological indicators*. 2017. 73. P.733-740.
13. Baranov S. G. Littleleaf Linden *Tilia cordata* (Mill.): Only Some Bilateral Traits Indicate Chemical Pollution Induced by Chemical Plant // *Advances in Biological Research*. 2014. 8 (4).P. 143-148.
14. Baranov S. G. Use of morphogeometric method for study fluctuating asymmetry in leaves *Tilia cordata* under industrial pollution // *Adv. Environ. Biol.*, 8 (7). 2014. P. 2391–2398.
15. Wuytack T., Wuyts K., Van Dongen S., Baeten L., Kardel F., Verheyen K., Samson R. The effect of air pollution and other environmental stressors on leaf fluctuating asymmetry and specific leaf area of *Salix alba L.* // *Environmental pollution*. 2011. 159(10). P.2405-2411.
16. Kozlov M.V. Study of fluctuating asymmetry of plants in Russia: mythology and methodology // *Ecology*. 2017. No. 1. P. 3-12.
17. Health of the environment: assessment technique / V.M. Zakharov, A.S. Baranov, V. I. Borisov [et al.]. M.: Center for environmental policy of Russia, 2000. 66 p.
18. Methodical recommendations about performance of assessment of quality of the environment about a condition of living beings: Rosekologiya's order of October 16, 2003 No. 460-r. M. 2003. 24 p.
19. Zorina A.A. Methods of statistical analysis of the fluctuating asymmetry // *Principles of ecology*. 2012. V.1. No. 3. P. 24-47.
20. Pervyshina G.G., Korotchenko S.I. The assessment of stability of development of silver birch, growing near the fields «Borodinskoe» and «Itatskoye» of Kansk-Achinsk coal basin // *The Bulletin of KrasGAU*. 2017. No. 9. P. 116-121.