

**Ключевые слова:** почвенно-климатические условия, растительные ассоциации, органические и химические вещества, технозем.

**Kopiy M.L., Kopiy L.I. The Influence of Vegetation on Redistribution of Organic Substances and Chemical Elements in Technogenic Soils on Yavoriv Sulphuric Quarry Territory**

The analysis of soils and climatic conditions of research region is conducted. The negative impact of agricultural lands increasing within the limits of Nadsyanska lowlands is noted. The features of soils violation are investigated during the sulphur extraction. The role of the Baltic-Black Sea region in the formation of a stable ecological situation within the watershed tributaries of the Vistula and Dnister is evaluated. The influence of plant associations on restoration of soils within the limits of Yavoriv sulphuric quarry is analyzed. The features influence of tree species on the accumulation and redistribution of organic, chemical elements and acidity in generated technogenic soils is noted. A positive trend in the accumulation and redistribution of humus, nitrogen and acidity in the different layers of soil on research objects is established.

**Keywords:** soils and climatic conditions, plant associations, organic and chemical elements.

УДК 581.33:582.[52+475.4](477.62)

**ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННОЙ СРЕДЫ КРИВОРОЖЬЯ НА КАЧЕСТВО ПЫЛЬЦЫ *PINUS SYLVESTRIS* L. И *P. PALLASIANA* D. DON**

*Е.В. Лаптева*<sup>1</sup>

Изучено качество пыльцы растений сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и сосны крымской (*P. pallasiana* D. Don), произрастающих на железорудном отвале, вблизи крупного металлургического комбината, в дендрарии ботанического сада Кривого Рога, в сравнении с растениями, где отсутствует загрязнение среды. Жизнеспособность пыльцы во всех насаждениях была высокой. Установлено, что у растений сосны обыкновенной криворожских насаждений доленое участие пыльцы с отклонениями в развитии выше в 3-4 раза, с аномалиями пыльцевых трубок проросшей пыльцы – в 5-30 раз, а у сосны крымской – в 1,5-3,0; 3,5-11,5 раза, соответственно.

**Ключевые слова:** *Pinus sylvestris*, *P. pallasiana*, пыльца, пыльцевая трубка, аномалии, Криворожье.

**Введение.** Загрязнение окружающей среды в крупных промышленных регионах, таких как Криворожье, является экологически действенным фактором для многих живых организмов. В этом регионе на относительно небольшой площади сосредоточено пять крупнейших в Европе горнодобывающих и перерабатывающих железную руду комбинатов, а также мощный металлургический завод. В результате их деятельности в атмосферу выбрасываются сотни тысяч тонн токсичных газов, аэрозолей и пыли (в 2006 г. валовый объем выбросов составил 577 тыс. т), а добыча руды приводит к отсыпке вскрышных пород в отвалы, занимающие 7 тыс. га [7]. Высаживаемым на этих отвалах и возле промышленных производств древесным растениям приходится в ходе онтогенеза приспособляться к влиянию неблагоприятных природно-климатических условий Степной зоны и действию загрязнителей воздуха и почвы. Влияние стрессовых условий окружающей среды на древесные растения нередко опре-

деляют по изменению их репродуктивных показателей [2, 14]. Для биоиндикационной оценки состояния среды и самих растений, а чаще всего это хвойные, используют показатели качества их пыльцы [11, 15]. Так, например, в ходе 10-летних исследований четырех насаждений *Pinus sylvestris* в городе Красноярске, установлено, что аэрополлютанты оказывают значительное влияние на морфометрические характеристики пыльцы, ее жизнеспособность, способствуют возрастанию количества аномалий пыльцевых зерен и трубок [10]. Снижение качества пыльцы хвойных в техногенных условиях приводит к потере урожая шишек, понижению семенной продуктивности и качества семян хвойных [3, 9]. В ряде исследований допускается, что климатические и географические факторы могут оказывать более сильное влияние на генеративную сферу хвойных, чем техногенно загрязненная среда [1, 8].

**Цель исследований** – сравнительный анализ качества пыльцы *P. sylvestris* и *P. pallasiana* из насаждений экологически безопасных районов и техногенно загрязненных территорий Криворожья.

**Материалы и методы исследования.** Для проведения исследований использовали пыльцу *P. sylvestris* и *P. pallasiana* из насаждений, произрастающих в дендрарии Криворожского ботанического сада НАН Украины (КБС), вблизи Криворожского металлургического комбината (КМК) и на крупном Первомайском железорудном отвале (ПЖО), а также для *P. sylvestris* из Кременецкого лесничества Тернопольской обл. (КЛ) и *P. pallasiana* из Биосферного заповедника "Аскания Нова" (БЗ).

Растения из Кременецкого лесничества и Биосферного заповедника "Аскания Нова" рассматривали как условно контрольные, так как здесь отсутствует техногенное загрязнение окружающей среды. Растения дендрария КБС в определенной степени испытывают воздействие выбросов крупнейшего Северного горнообогатительного комбината, так как дендрарий расположен в 3 км от этого предприятия.

Пыльцу собирали в период массового пыления. На микропрепаратах определяли морфометрические показатели тела пыльцевого зерна и воздушного мешка, измеряли микрометром их высоту и длину, выявляли спектр и количество аномальных пыльцевых зерен. Содержание крахмала в пыльце определяли в растворе Люголя по интенсивности окрашивания [12]. Жизнеспособность пыльцы устанавливали, прорастив ее в 15 %-ном растворе сахарозы при температуре 26 °С, через 4 дня учитывали число проросших пыльцевых зерен (%). У проросшей пыльцы измеряли длину пыльцевых трубок (мкм).

Просмотр осуществляли с помощью тринокулярного микроскопа XSP-139TP при увеличении 40×10. Для фотографирования препаратов применяли цифровую камеру Canon EOS 350D. Промеры осуществляли на цифровых снимках с помощью программного обеспечения Axio Vision Rel. 4.7. Статистическая обработка полученных результатов осуществлялась с помощью программы "Statistica 6.0"

**Результаты и обсуждение.** У двух видов сосен наиболее крупной пыльца была у растений с участков, мало тронутых урбанизацией (табл.). У деревьев трех криворожских насаждений морфометрические параметры пыльцы уменьшались по мере усиления воздействия факторов техногенно загрязненной сре-

<sup>1</sup> Ведущий инженер Е.В. Лаптева – Донецкий ботанический сад НАН Украины

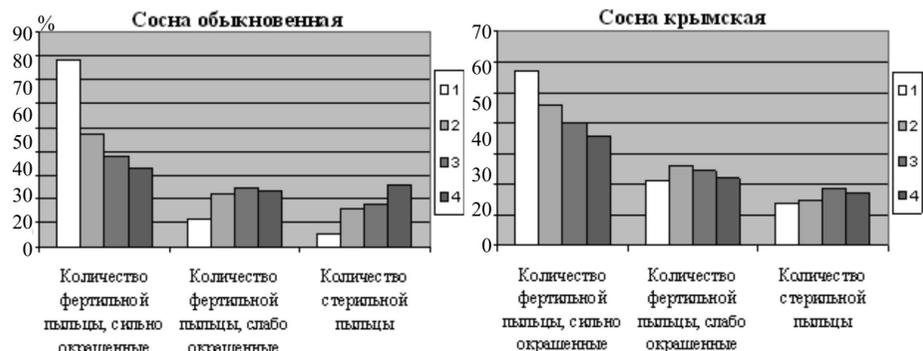
ды. Наименьшей она была у растений, произрастающих возле мощного источника выбросов – КМК. Однако, у растений этого насаждения, морфометрические параметры пыльцы, ее длина, длина и высота тела у растений этого насаждения была меньше пыльцы растений КЛ не более чем на 9,8 %, тогда как длина воздушных мешков уменьшилась на 13,3 %. В целом, пыльца всех четырех изученных насаждений *P. sylvestris* Степной зоны Украины имела несколько более крупное тело, чем пыльца растений сухой степи Хакасии (длина – 44,3-47 мкм, высота – 36,1-39,9 мкм) [13], однако уступала, как правило, пыльце растений четырех насаждений г. Красноярска по высоте тела (32,5-42,3 мкм, длина – 39,9-42,3 мкм) и по длине воздушного мешка (22,9-35,2 мкм, высота – 26,2-33,4 мкм) [15]. У растений исследуемых насаждений отношение длины тела пыльцы (*l*) к его высоте (*h*) всегда было выше единицы – 1,15-1,19 у *P. sylvestris*, 1,21-1,24 – *P. pallasiana*, а отношение длины воздушного мешка к его высоте, наоборот, меньше – *s.*-0,62. *p.*-0,77. В случае пыльцы растений Красноярска, форма тела пыльцевого зерна менялась в широком диапазоне  $l/h > 1$ ,  $l/h = 1$  и  $l/h < 1$  [15].

**Табл. Относительные количественно-качественные показатели пыльцевых зерен растений *Pinus sylvestris* и *P. pallasiana* из разных насаждений техногенно загрязненных территорий Криворожья в сравнении с насаждениями мало тронутых урбанизацией, %**

Место произрастания растений	Длина пыльцы	Длина тела	Высота тела	Длина мешка	Высота мешка	Фертильные п.з.	Стерильные п.з.	Аномальные п.з.	Проросшие п.з. (жизнеспособность)	Аномальные проросшие п.з.	П.з. с аномальной трубкой
<i>P. sylvestris</i>											
Кременецкое лесничество	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Дендрарий КБС	95,0	93,8	95,2	94,0	94,6	77,8	298,1	297,9	93,6	540	150
Первомайский отвал	93,3	92,2	95,0	89,4	93,3	69,5	339,6	406,3	93,2	1360	353
Вблизи КМК	92,1	91,1	92,3	86,2	90,2	62,8	486,8	368,8	86,4	2900	617
<i>P. pallasiana</i>											
Дендропарк БЗ "Аскания-Нова"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Дендрарий КБС	97,8	97,7	99,0	95,4	98,7	91,9	108,9	167,1	95,5	357	284
Первомайский отвал	96,6	95,7	96,4	90,9	96,2	82,8	137,0	207,6	94,8	550	841
Вблизи КМК	93,5	94,0	94,9	86,7	90,7	74,0	125,9	313,9	93,6	1157	1472

Использование гистохимической реакции Люголя на крахмал позволило выявить три типа пыльцевых зерен у сосны: не окрашенные (стерильные), и средне- или сильно-окрашены – фертильная пыльца. Долевое участие последних наибольшим было среди пыльцы из участков, где отсутствует техногенное загрязнение, и составляла 89,9 % насаждений из Кременца – у сосны обыкновенной и 78,7 % в "Аскании Нова" – у сосны крымской (рис.). Тест на крахмал, с помощью которого определяли фертильность пыльцы, показал, что пыльце-

вые зерна сосен изменчивы по этому параметру. У растений криворожских насаждений сосны такой пыльцы было 33-35 % при сильном загрязнении и 40-47 % при меньшем загрязнении, КБС в *s.*-1,6; *p.*-1,2 разы меньше, ПЖО – *s.*-2; *p.*-1,5, КМК – *s.*-2,3; *p.*-1,6 соответственно.



**Рис. Гистохимический тест на крахмал:**

1) КЛ для сосны обыкновенной и БЗ – сосны крымской; 2) КБС; 3) ПЖО; 4) КМК

Для растений обеих видов сосен всех четырех насаждений были свойственны следующие аномалии пыльцы: незрелая; деформированная; дегенерирующая; с линзовидным телом; истощенная; "карлик"; "гигант"; с измененной формой тела и воздушных мешков; с непропорционально развитым телом и мешками разных размеров; одномешковая; с одним нормальным и другим недоразвитым мешком; с мешками разного размера; с двумя недоразвитыми мешками; с сильно сближенными мешками; с деформированными краями мешков; со сросшимися мешками; с воротничковой формой воздушных мешков; с тремя нормальными мешками, с тремя мешками, один из которых недоразвит, с четырьмя мешками, более подробно было изложено в предыдущих работах [5, 6]. Наиболее низкое долевое участие аномальной пыльцы (4,8 %) было выявлено у растений Кременецкого лесничества и 7,9 % Биосферного заповедника "Аскания Нова". У растений Криворожских насаждений ее было в разы больше: КБС – *s.*-3; *p.*-2, ПЖО – *s.*-4; *p.*-2,5, КМК – *s.*-4; *p.*-3,2. Еще больше аномалий (см. табл.) у насаждений с этих участков по отношению к контролю выявлено при прорастивании пыльцы, были выявлены аномальные проростки, без одного и двух мешков, а также аномалии пыльцевых трубок (утолщение, искривление, разветвление по типу "оленьи рога", образование трубок с двух сторон и раздвоение). Длина пыльцевых трубок изменялась в таких пределах: у сосны обыкновенной – 97,4 мкм (КМК) – 123,7 мкм (КЛ) и у сосны крымской – 111,0 мкм (КМК); 132,3 мкм (БЗ). В условиях сухой степи Хакасии длина пыльцевых трубок у *P. sylvestris* варьировала в пределах 61-74,9 мкм [13], а у растений Красноярска в разные годы исследований – от 19 до 294,2 мкм. Хотя жизнеспособной пыльца у растений этих насаждений была только в шести из десяти лет исследований. Это связывают с колебаниями погодных условий в период формирования пыльцы [10]. Наши исследования в Криворожье еще раз подтверждают, что пыльца *P. sylvestris* и *P. pallasiana* вполне приемлема для индикации

влияния как воздушного, так и почвенного техногенного загрязнения среды, так как наиболее значимые процентные показатели по отношению к контролю – это аномальные пыльцевые зерна и пыльцевые трубки, которые превышают контроль в 3 и более 10 раз в зависимости от техногенного загрязнения. На наш взгляд, для этих целей наиболее подходят три основных показателя: количество стерильной пыльцы у растений, долевое участие аномальной пыльцы и долевое участие проросших пыльцевых трубок с аномалиями.

Как установлено в ранее проведенных исследованиях у *P. sylvestris* и *P. pallasiana*, выбросы КМК вызывают снижение количества полнозернистых семян в шишках растений, а также приводят к значительному увеличению пусто-семянности. В то же время у сосен, произрастающих на железорудных отвалах и в дендрарии КБС, такого явного снижения семенной продуктивности не происходит [3, 4].

**Выводы.** Таким образом, техногенное загрязнение воздуха и субстрата приводит к нарушениям в микроспорогенезе *P. sylvestris* и *P. pallasiana*, что проявляется в возрастании в 3-10 раз встречаемости пыльцы с аномалиями по сравнению с растениями фонового местообитания. Перечисленные выше показатели, такие как фертильность, жизнеспособность, частота встречаемости аномалий в пыльце и пыльцевых трубок при проращивании пыльцы у растений *P. sylvestris* и *P. pallasiana* приемлемы как тестовые для индикации техногенного загрязнения среды. Также результаты наших исследований показали, что *P. sylvestris* и *P. pallasiana* вполне пригодны для биоиндикации техногенного загрязнения окружающей среды.

### Литература

1. Владимирова О.С. Пыльца ели сибирской, произрастающей в различных экологических условиях / О.С. Владимирова, Е.Н. Муратов, М.И. Седаева // Хвойные бореальной зоны : сб. науч. тр. – 2008. – Вып. 25, № 1-2. – С. 98-102.
2. Коршиков И.И. Адаптация растений к условиям техногенно загрязненной среды / И.И. Коршиков. – К. : Изд-во "Наук. думка", 1996. – 238 с.
3. Коршиков И.И. Популяционно-генетические проблемы дендротехногенной интродукции / И.И. Коршиков, Н.С. Терлыга, С.А. Бычков. – Донецк : ООО "Лебедь", 2002. – 328 с.
4. Коршиков И.И., Жизнеспособность древесных растений на железорудных отвалах Криворожья / И.И. Коршиков, О.В. Красноштан. – Донецк : Вид-во "Цифрова типографія", 2012. – 280 с.
5. Коршиков И.И. Якість пилку *Pinus pallasiana* (L.) з насаджень екологічно безпечних і техногенно забруднених територій степової зони України / І.І. Коршиков, О.В. Лаптева // Український ботанічний журнал : наук. журнал НАН України. – 2014. – Т. 71, № 5. – С. 590-598.
6. Коршиков И.И. Качество пыльцы сосны крымской и с. обыкновенной из насаждений техногенно загрязненных территорий Криворожья. Якість пилку / И.И. Коршиков, Е.В. Лаптева // Интродукція рослин : зб. наук. праць. – 2014. – Т. 3(63). – С. 38-45.
7. Лысый А.Е. Экологические и социально-гигиенические проблемы и пути оздоровления крупного промышленного региона / А.Е. Лысый, С.А. Рыженко, И.П. Козырин, М.Г. Мельниченко, В.Г. Капничук. – Кривой Рог, 2007. – 425 с.
8. Носкова Н.Е. Половая репродукция сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях экологического стресса : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. биол. наук / Н.Е. Носкова. – Красноярск, 2005. – 20 с.
9. Носкова Н.Е. Влияние стресса на репродуктивные способности сосны обыкновенной / Н.Е. Носкова, И.Н. Третьякова // Хвойные бореальной зоны : сб. науч. тр. – 2006. – Т. XXIII, № 3. – С. 54-63.
10. Носкова Н.Е. Репродукция сосны обыкновенной в условиях глобального изменения климата и стратегические пути сохранения вида / Н.Е. Носкова, И.Н. Третьякова // Хвойные бореальной зоны : сб. науч. тр. – 2011. – Т. 28, № 1. – С. 41-46.

11. Осолков В.А. Качество пыльцы сосны обыкновенной в древостоях Приангарья при разном уровне загрязнения / В.А. Осолков // Лесоведение : науч.-теорет. журнал. – М. : Изд-во "Наука". – 1988. – № 2. – С. 16-21.

12. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений / З.П. Паушева. – Изд. 4-ое, [перераб. и доп.]. – М. : Изд-во "Агропромиздат", 1988. – 271 с.

13. Тихонова И.В. Морфологические признаки пыльцы в связи с состоянием деревьев сосны в сухой степи / И.В. Тихонова // Лесоведение : науч.-теорет. журнал. – М. : Изд-во "Наука". – 2005. – № 1. – С. 63-69.

14. Третьякова И.Н. Эмбриология хвойных / И.Н. Третьякова. – Новосибирск : Изд-во "Наука", 1990. – 157 с.

15. Третьякова И.Н. Пыльца сосны обыкновенной в условиях экологического стресса / И.Н. Третьякова, Н.Е. Носкова // Экология : сб. науч. тр. – 2004. – № 1. – С. 26-33.

Надійшла до редакції 05.08.2016 р.

### Лантєва О.В. Вплив техногенно забрудненого середовища Криворіжжя на якість пилку *Pinus sylvestris* L. і *P. pallasiana* D. Don.

Вивчено якість пилку рослин сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) та сосни кримської (*P. pallasiana* D. Don.), які зростають на залізорудному відвалі, поблизу великого металургійного комбінату, в дендрарії ботанічного саду Кривого Рогу, порівняно з рослинами, де забруднення середовища відсутнє. Життєздатність пилку в усіх насадженнях була високою. Встановлено, що у рослин сосни звичайної криворізьких насаджень частка пилку з відхиленьнями у розвитку вища в 3-4 рази, з аномаліями пилкових трубок пророслого пилку – у 5-30 разів, а у сосни кримської – в 1,5-3,0; 3,5-11,5 рази, відповідно.

**Ключові слова:** *Pinus sylvestris*, *P. pallasiana*, пилко, пилкова трубка, аномалії, Криворіжжя.

### Lapteva E.V. The Influence of Technogenic Pollution of Kryvorizhzhya Environment on Pollen Quality of *Pinus Sylvestris* L. and *P. Pallasiana* D. Don.

The quality of pine pollen of plants ordinary (*Pinus sylvestris* L.) and Crimean pine (*P. pallasiana* D. Don.), growing in the iron ore dump, near a large metallurgical plant in the arboretum botanical garden in Krivoi Rog, in comparison with the plants, where there is no pollution, is studied The viability of the pollen was high in all plantations. It was found that plants of Scots pine plantations Kryvyi Rih proportion of pollen with developmental disabilities is higher in 3-4 times, with anomalies of pollen tubes germinated pollen – 5-30 times, pine Crimean – 1.5-3; 3,5-11,5 times, respectively.

**Keywords:** *Pinus sylvestris*, *P. pallasiana*, pollen, pollen tube anomalies Kryvorizhzhya.

УДК 581.526.323:574.5(28)

### УПРОВАДЖЕННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ БІОТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ СТОКІВ ТЗОВ "РАДЕХІВСЬКИЙ ЦУКОР"

Н.Г. Лук'яничук<sup>1</sup>, В.А. Сич<sup>2</sup>

Описано використання водних ресурсів на ТЗОВ "Радехівський цукор" та подано склад забруднень стічних вод, які утворюються під час виробничих процесів. Детально охарактеризовано процес роботи очисних споруд підприємства. Подано проект впровадження перспективної біотехнології очищення промислових стічних вод за допомогою одноклітинних зелених водоростей. Наведено витрати підприємства на впровадження альтернативної технології та розраховано еколого-економічний ефект від її впровадження.

**Ключові слова:** цукрове виробництво, стічні води, очисні споруди, біотехнології, водорості, еколого-економічний ефект.

<sup>1</sup> доц. Н.Г. Лук'яничук, канд. с.-г. наук – НЛТУ України, м. Львів;

<sup>2</sup> студ. В.А. Сич – НЛТУ України, м. Львів