

Биоиндикаторды қолдану арқылы өнеркәсіптік қалалардың экологиялық жағдайын бағалау (Қарағанды қаласының мысалында)

^{1*}**ЦЕШКОВСКАЯ Елена Анатольевна**, PhD, аға оқытушы, elena_tsesh@mail.ru,

¹**ОРАЛОВА Айгуль Турабаевна**, х.ғ.к., доцент, oralovaat@rambler.ru,

¹**ЗАХАРОВ Александр Михайлович**, магистр, аға оқытушы, assalamm@mail.ru,

¹**ЦОЙ Наталья Константиновна**, т.ғ.к., доцент м.а., zoinat@mail.ru,

¹«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Н. Назарбаев даңғылы, 56, Қарағанды, Қазақстан,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Жұмыс биоиндикация арқылы Қарағанды қаласы аумағының экологиялық жағдайын бағалауға арналған. Зерттеу нысаны ретінде кәдімгі «Венгр» және «Аққу» сирень сорттарының жапырақтары қолданылған. Зерттеу үшін көшеде, алаңда жол бойында көгалдарға отырғызылған сирень өсімдіктері таңдалды. Өлшеу нәтижесінде антропогендік әсердің жоғарылауымен жоғарылайтын тербелмелі асимметрия деңгейі анықталды. Мұндай жағдайда табиғатты қорғау шараларын жүргізу қажет, мысалы, жасыл аймақтардың аумағын ұлғайту. Сирень жапырақтарының орташа морфологиялық мәндерінің нәтижелері зерттелетін параметрлердің сипаттамалары 10-нан 20%-ға дейін өзгеретінін көрсетті, бұл төмен өзгергіштікті және биоиндикация зерттеулерінде осы белгілерді пайдалану мүмкіндігін көрсетеді.

Кілт сөздер: биоиндикация, Қарағанды, ластану, өнеркәсіп, экологиялық жағдайы, кәсіпорындар, өсімдіктер, бағалау, аумақ, жапырақтар, зат, сапа, бақылау, әдіс, зертхана.

Кіріспе

Қазіргі уақытта қала ортасының қолайлы дамуына экологиялық жағдайдың жағдайы әсер етуде. Экологиялық проблемалардың қатарына кіретін міндеттердің бірі экологиялық жағдайы қолайсыз аймақтарды анықтау болып табылады [1, 2]. Бұл аймақтарды қымбат жұмыссыз және арнайы биологиялық бақылауларсыз анықтауға болады. Мысалы, іргелес ластану көздері бар аумақтар орналасқан осындай маршруттар бойындағы жоспарлы көзбен шолулар нәтижесінде. Мұндай аумақтарға: қала ішіндегі жеке өнеркәсіптік кәсіпорындар, тұрмыстық және өндірістік қалдықтар полигондары немесе уақытша жинақталған орындар кіруі мүмкін. Сонымен қатар, мұндай аймақтарға техногендік ластағыштары айқын аймақтар, сондай-ақ шаң деңгейі күрт жоғарылаған аймақтар жатады. Статистикалық мәліметтерге келсек, Қарағандының негізгі ластаушы заттары: күкірт диоксиді, қорғасын, кадмий, озон, аммиак, көміртек тотығы. Ластаушы заттардың ең үлкен пайызы: көміртегі тотығы, күкірт диоксиді, азот оксидтері. Атмос-

фералық ауаға шығарындылардың негізгі көздері өнеркәсіптік кәсіпорындар болып табылады, олардың үлесі 84% [3].

Бұл жұмыстың өзектілігі Қарағандының бірқатар өнеркәсіптік нысандарының қалалық жерлерде орналасқандығында, бұл экологиялық жағдайдың жағдайына тікелей әсер етеді. Кәсіпорындар санының жыл сайын көбеюіне байланысты экологиялық мониторингтің де маңызы арта түсуде. Топырақ, су және ауа үлгілерін зерттеу арқылы ластаушы заттарды химиялық талдаудың қолданыстағы стандартты әдістерінен басқа талдаудың биологиялық әдісі – биоиндикация да бар. Бұл әдіс тірі организмдердің атмосферадағы әртүрлі ластаушы заттарға реакциясына негізделген. Сондықтан өсімдіктер қоршаған орта жағдайының көрсеткіштері ретінде әрекет ете алады. Қарастырылып отырған аумақ үшін зерттелетін объект биоиндикатор ретінде сиреньді пайдаланды.

Материалдар мен тәсілдер

Қазіргі уақытта интегралдық сипаттамалар әдісі экологиялық жағдайдың көрсеткі-

ші ретінде әртүрлі өсімдіктерді көрсеткіштер бойынша (тұрақты өсу, даму) бағалау қызметін атқара алады. Өсімдік мүшелерінің құбылмалы асимметриясы, мысалы, гүл шоғырлары, қарапайым жапырақтардың жартысы, күрделі жапырақтардың қарама-қарсы жапырақтары, гүл жапырақтары даму тұрақтылығының көрсеткіші болып табылады [4].

Көрсетілген өсімдік құрылымдарының ішінде ластаушы заттардың әсеріне ең сезімтал жапырақ тақталары болып табылады, олар қазір қоршаған ортаның сапасын бақылау үшін кеңінен қолданылады.

Экологиялық стресс факторларының әсерінен өсімдіктердің дамуы мен өсуінде мутациялар болатыны белгілі. Нәтижесінде өсімдіктің өсуі мен дамуы кезінде жапырақтардың асимметриясы пайда болады. Бұл факт биоиндикация әдісінде сызықтық салыстырулар негізінде парақтың сол және оң жартысының бұрыштарының немесе аудандарының айырмашылығы бойынша жазылады [5, 6].

Қарағанды қаласының экологиялық жағдайын бағалау үшін зерттелетін нысан ретінде сирень жапырақ тақталары пайдаланылды. Кәдімгі сиреньдің екі түрі таңдалды: «Венгр» және «Акку». Таңдау бұл сорттардың қала климатына сәйкес келмейтіндігіне және кең таралғандығына негізделген. Өсімдіктің бұл сорттары саябақ аймақтарында, тас жол бойында, саябақтарда және жеке аумақтарда өседі.

Сирень – жапырақты бұта. Жапырақтары қарапайым, қарама-қарсы, үшкір, үстінде қара-жасыл, төменнен ашық, төменнен жалаңаш немесе түкті. Жапырақ тақтасының ұзындығы 6-14 сантиметр, ені 6-10,5 сантиметр. Бір жылдық өркенде әр жапырақтың

қолтығында ұйықтап жатқан бүршік пайда болады, оның негізінде екі қосалқы бүйір бүршіктері болады; гүлдену шамамен мамыр айының ортасынан кейін болады (1-сурет).

Сиреньдің басты артықшылығы – оның ықшам тәжі, жылдам өсуі, жарыққа қарапайымдылығы және ластаушы заттарға төзімділігі. Сиреньді есейген кезде қайта отырғызуға болады және ол жаңа жағдайларға жақсы бейімделеді [5, 6].

Сиреньдер өсетін жерді зерттеу үшін учаске таңдалды – тас жол бойында. Орын көліктің ластануын ескере отырып таңдалды.

Бақылау пункті ретінде экологиялық жағдайы ең аз ластанған аумақ – Федоровка ауданы, саяжай учаскесі таңдалды.

Зерттелетін объектілердің әрқайсысынан әр бұтадан 10 жапырақ мөлшерінде жапырақ тақталары жиналды. Жапырақ параметрлері көрнекі түрде ұқсас болды. Жапырақ тақталары объектілерге зақым келген жағдайда резервтермен жиналды. Барлық көшірмелер арнайы пакеттерге салынып, қол қойылып, журналға тіркелді. Журналда егін жинау орны, күні, өсімдік түрлері мен сорттарының атауы көрсетілген.

Барлық материалдар сандық камера арқылы жазылды. Сирень жапырағын өлшеу кезінде сыртқы жағын жоғары қаратып алдыңызға қойыңыз. 2-суретте көрсетілгендей, оң және сол жақтағы бес ерекшелік өлшенді.

Жапырақтың енін өлшеу үшін оны екіге бүктеңіз, содан кейін үстіңгі жағын жапырақ тақтасының негізімен туралаңыз. Содан кейін олар жапырақты бүктейді және алынған бүктемені пайдаланып, орталық тамырдың шекарасынан сирень жапырағының шетіне дейінгі қашықтықты өлшейді.



1-сурет – «Венгр» және «Акку» сиреньдерінің қарапайым сорттары



1 – жапырақтың оң, сол жақ жартысының ені; 2 – екінші ретті тамырдың арақашықтығы; 3 – бірінші және екінші ретті тамырлардың шеттері арасындағы қашықтық; 4 – сол тамырлардың ұштары арасындағы қашықтық; 5 – негізгі тамыр мен жапырақ шетінен екінші ретті тамыр арасындағы бұрыш дәрежесі

2-сурет – Сирень дамуының тұрақтылығын бағалау үшін қолданылатын морфологиялық сипаттамалар схемасы

Зерттеуді орындау үшін

- қол үлкейткіш;
- бөлу мәні 1° болатын транспортир;
- бөлу мәні 1 мм болатын сызғыш;
- циркуль;
- материалды сақтауға арналған шыны колбалар;
- тұрмыстық тоңазытқыш;
- «Microsoft Excel» бағдарламасы қажет.

Эксперименттік процедура келесідей. Біріншіден төртіншіге дейінгі белгілер өлшеуіш циркульдің көмегімен өлшенеді, бесінші белгі (тамырлар арасындағы бұрыш) транспортир көмегімен өлшенеді. Осы мақсатта транспортир терезесінің табанының ортасы орталық тамырдан екінші ретті екінші тамырдың тармақталған нүктесімен біріктіріледі. Таңдалған нүкте бұрыштың шыңына сәйкес келеді. Транспортир табанының шеті

бұрыштың шыңынан келетін және екінші ретті үшінші тамырдың тармақталған нүктесі арқылы өтетін сәулеге сәйкес келуі керек. Өлшенетін бұрышты құрайтын екінші сәуле сызғыштың көмегімен алынады. Бұл сәуле бұрыштың шыңынан шығады және екінші ретті екінші тамырдың ішкі жағына тангенциалды түрде өтеді.

Өсімдіктердегі асимметрия мөлшері сол және оң жақтағы ұпайлар айырмашылығының осы ұпайлардың қосындысына қатынасы ретінде есептеледі. Даму тұрақтылығының интегралды көрсеткішін алу үшін алдымен әрбір сипаттама үшін асимметрияның салыстырмалы мәндерін қосу және осы соманы сипаттамалар санына бөлу арқылы әрбір жапырақ үшін барлық сипаттамалар үшін асимметрияның орташа салыстырмалы мәнін есептеңіз. Содан кейін бұл көрсеткіштің орташа арифметикалық мәні әрбір учаскенің барлық жапырақтары үшін есептеледі.

Жапырақ тақтасының морфологиялық сипаттамалары кешенінің ауытқымалы асимметриясының интегралдық көрсеткішін есептеу нормаланған айырма алгоритмін қолдану арқылы жүргізілді:

$$FA_{ij} = \sum_{i=1}^m \times \sum_{j=1}^n \frac{|L_{ij} - R_{ij}|}{(L_{ij} + R_{ij})}, \quad (1)$$

мұндағы L_{ij} және R_{ij} – сәйкесінше симметрия жазықтығының сол және оң жағындағы i -ші парақтың j -ші белгісінің мәні;
 m – талданатын белгілердің саны;
 n – жапырақ үлгісінің өлшемі.

Келесі кезекте Microsoft Excel қосымшасының көмегімен статистикалық мәліметтерді өңдеу жүзеге асырылды. Белгінің орташа арифметикалық мәні (X_i) белгілердің бірінің ($x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n$) барлық өлшенген мәндерін қосу арқылы анықталады, мысалы, жапырақ тақталарының ұзындығы және алынған соманы парақтар санына (n) бөлу:

$$X = \frac{(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n)}{n}, \quad (2)$$

мұндағы ($x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n$) – белгілердің бірінің қосындысы;
 n – парақтар саны.

Стандартты ауытқу δ формула арқылы есептеледі:

$$\delta = \sqrt{\sum (x_i - X)^2 / (n - 1)}, \quad (3)$$

мұндағы x_i – сирень белгілерінің бірі;

X – сипаттаманың орташа арифметикалық мәні;

n – парақтар саны.

Стандартты ауытқу мәндердің шашырау өлшемін абсолютті бағалауды береді және оның мәндердің өздеріне қатысты қанша-

лықты үлкен екенін түсіну үшін салыстырмалы көрсеткіш қажет.

Вариация коэффициенті формула арқылы есептеледі:

$$V = \frac{\delta}{x} \times 100 \%, \quad (4)$$

мұндағы δ – стандартты ауытқу;

x – орташа мән.

Зерттеу жұмысы барысында «Акку», «Венгр» сияқты қарапайым сирень жапырақтарының параметрлеріне өлшемдер жүргізілді.

Нәтижелер мен талқылаулар

Нәтижесінде зерттелетін объектілердің өсуі мен дамуындағы ауытқулар анықталды, бұл организмдердің сыртқы ластаушы заттарға реакциясы болғанын көрсетеді. Бұған материалды жинау үшін таңдалған орын себеп болды деп болжауға болады, ол көліктермен айтарлықтай ластанған.

Өлшемдер мен математикалық есептеулердің нәтижелері бойынша ауытқымалы асимметрия деректері алынды: бақылау нүктесінде екі сорт бойынша – 0,018 және 0,026 және трасса маңында – 0,046 және 0,043. Алынған мәліметтерге сүйене отырып, ауытқымалы асимметрия индексі зерттелетін объектілерге антропогендік жүктеменің артуымен артады деген қорытынды жасауға болады. Жүктеменің ұлғаюы табиғатты қорғау шараларын қамтамасыз етуді талап етеді, атап айтқанда жасыл аумақтарды ұлғайту.

Статистикалық мәліметтерге жүгінсек, Қарағандының негізгі ластаушылары: күкірт диоксиді, қорғасын, кадмий, озон, аммиак, көміртегі тотығы. Ластаушы заттардың ең үлкен пайызы: көміртегі тотығы, күкірт диоксиді, азот оксидтері. Атмосфера-

лық ауаға шығарындылардың негізгі көздері өнеркәсіптік кәсіпорындар болып табылады, олардың үлесі 84% [6].

Қорытынды

Сирень жапырақтарының орташа морфологиялық мәндерінің нәтижелері зерттелетін параметрлердің сипаттамалары 10-нан 20%-ға дейін өзгертінін көрсетті, бұл төмен өзгергіштікті көрсетеді. Әдетте, бұл осы сипаттамаларды биоиндикациялық зерттеулерде қолдану мүмкіндігін көрсетеді [7]. «Венгр» және «Акку» сирень сорттары ақпаратты және ластаушы заттарға сезімтал, сондықтан бұл сорттарды индикатор ретінде пайдалануға болады.

Ауыспалы асимметрия арқылы қоршаған ортаның сапасын бағалау әдістемесін пайдалана отырып, таңдалған әдіс тиімді, экономикалық тұрғыдан негізделген, күрделі құрал-жабдықтар мен мамандарды қажет етпейді деген қорытынды жасауға болады [8-10]. Барлық алынған зерттеу нәтижелері тек бақылаулар мен математикалық есептеулер нәтижесінде жасалды. Таңдалған әдістеме қалалық ортаны бақылаудың стандартты әдістеріне жақсы қосымша болып табылады, оның көмегімен сіз аймақтағы өсімдіктердің жағдайын объективті бағалай аласыз және аумақтарды кейбір экологиялық аудандастыруды жүзеге асыра аласыз.

Соңғы уақытта қоршаған ортаны жаңа химиялық ластаушы заттардың пайда болуы жағдайында оны бақылау әдісінің, оның ішінде жапырақ тақталарының ауытқымалы асимметрия индексіне негізделген сезімталдығын арттыру міндеті өзекті бола бастады.

Зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырды (бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру № BR24993009).

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Қарағанды облысының климаты. URL: <https://www.kazportal.kz/klimat-karagandinskoy-oblasti/>. (жағдайы бойынша 10.03.2024).
2. Цешковская Е.А., Голубева Е.И., Оралова А.Т., Ибраев М.К., Цой Н.К., Исабаева М.Б. Техногенное воздействие горнодобывающей промышленности на окружающую среду в Карагандинской области РК // Новости Национальной академии наук РК. Серия геологических и технических наук, 2019. – № 6 (438). – С. 85-95.
3. Қазақстан Республикасының қоршаған ортаның жағдайы және табиғи ресурстарды пайдалану туралы ұлттық баяндама. – Астана, 2022 – 300 с.
4. Соболева С.В., Есякова О.А., Почекутов И.С. Оценка загрязнения экосистемы города Красноярска методом биоиндикации // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. – № 12 (часть 2). – С. 175-181.

5. Мелехова О.П. и др. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование. М.: Издательский центр «Академия», 2007 (под редакцией, 2016). – 288 с.
6. Тірі организмдердің жай-күйі негізінде қоршаған ортаның сапасын бағалау бойынша әдістемелік ұсыныстар (морфологиялық құрылымдардың асимметрия деңгейі негізінде тірі ағзалардың дамуының тұрақтылығын бағалау). <https://docs.cntd.ru/document/901879474> (Қол жеткізу күні: 10.10.2023, 10.04.2024).
7. <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-otsenki-stepeni-fluktuiruyushey-asimmetrii-listovyh-plastinok-na-primere-berezy-povisloy-borodavchatoy-betula-pendula-roth> (Қол жеткізу күні: 10.10.2023, 10.04.2024).
8. Қашқын көздерден шығарындыларды есептеу бойынша нұсқаулық. Қоршаған ортаны қорғау министрінің 2008 жылғы 18 сәуірдегі бұйрығымен бекітілген. – № 100-б.
9. Қазақстан Республикасының 2021 жылғы 2 қаңтардағы Экологиялық кодексі. – № 400-VI ЗРК. (жағдайы бойынша 01.01.2024 г.).
10. РМҚ 03.3.0.4.01-96 Экология және биоресурстар министрлігі бекіткен «Қоршаған орта компоненттерінің өндірістік және тұтыну қалдықтарынан ұлы заттармен ластану деңгейін» анықтау бойынша ұсынымдар (жағдай бойынша 01.01.2024).

Оценка экологического состояния промышленных городов с использованием биоиндикатора (на примере г. Караганды)

¹***ЦЕШКОВСКАЯ Елена Анатольевна**, PhD, старший преподаватель, elena_tsesh@mail.ru,

¹**ОРАЛОВА Айгуль Турабаевна**, к.х.н., доцент, oralovaat@rambler.ru,

¹**ЗАХАРОВ Александр Михайлович**, магистр, старший преподаватель, assalamm@mail.ru,

¹**ЦОЙ Наталья Константиновна**, к.т.н., и.о. доцента, zoinat@mail.ru,

¹НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова»,
пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Работа посвящена оценке экологического состояния территории города Караганды путем биоиндикации. В качестве объекта исследования мы использовали листья обычных сортов сирени «Венгерский» и «Акку». Для исследования были выбраны сиреневые растения, высаженные на газоне вдоль трассы на улице, площади. В результате измерений был определен уровень флуктуирующей асимметрии, который возрастает с увеличением антропогенного воздействия. В такой ситуации необходимо проводить природоохранные мероприятия, например, увеличивать площадь зеленых зон. Результаты средних морфологических значений листьев сирени показали, что характеристики исследуемых параметров варьируют от 10 до 20%, что свидетельствует о низкой изменчивости и возможности использования этих признаков в исследованиях биоиндикации.

Ключевые слова: биоиндикация, Караганда, загрязнение, промышленность, экологическое состояние, предприятия, растения, оценка, территория, листья, вещество, качество, контроль, метод, лаборатория.

Assessment of The Ecological Situation of Industrial Cities Using a Bioindicator (On the Example of The Karaganda City)

¹***TSESHKOVSKAYA Yelena**, PhD, Senior Lecturer, elena_tsesh@mail.ru,

¹**ORALOVA Aigul**, Cand. of Chem. Sci., Associate Professor, oralovaat@rambler.ru,

¹**ZAKHAROV Aleksandr**, Master's Degree, Senior Lecturer, assalamm@mail.ru,

¹**TSOY Nataliya**, Cand. of Tech. Sci., Acting Associate Professor, zoinat@mail.ru,

¹NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», N. Nazarbayev Avenue, 56, Karaganda, Kazakhstan,

*corresponding author.

Abstract. *The work is devoted to the assessment of the ecological state of the territory of the Karaganda city by bioindication. As an object of research, we used the leaves of ordinary lilac varieties "Hungarian" and "Akku". Lilac plants planted on the lawn along the highway on the street and square were selected for the study. As a result of the measurements, the level of fluctuating asymmetry was determined, which increases with increasing anthropogenic impact. In such a situation, it is necessary to carry out environmental measures, for example, to increase the area of green areas. The results of the average morphological values of lilac leaves showed that the characteristics of the studied parameters vary from 10 to 20%, which indicates low variability and the possibility of using these signs in bioindication studies.*

Keywords: *bioindication, Karaganda, pollution, industry, ecological state, enterprises, plants, assessment, territory, leaves, substance, quality, control, method, laboratory.*

REFERENCES

1. Klimat Karagandinskoy oblasti. URL: <https://www.kazportal.kz/klimat-karagandinskoy-oblasti/>. (po sostoyaniyu na 10.03.2022).
2. Ceshkovskaya E.A., Golubeva E.I., Oralova A.T., Ibraev M.K., Coj N.K., Isabaeva M.B. Tehnogennoe vozdejstvie gornodobyvayushej promyshlennosti na okruzhayushuyu sredyu v Karagandinskoy oblasti RK // Novosti Nacionalnoj akademii nauk RK. Seriya geologicheskikh i tehniceskikh nauk, 2019. – № 6 (438). – Pp. 85-95.
3. Nacionalnyj doklad o sostoyanii okruzhayushej sredy i ispolzovanii prirodnyh resursov RK. – Astana, 2021 – 300 p.
4. Soboleva S.V., Esyakova O.A., Pochekutov I.S. Ocenka zagryazneniya ekosistemy goroda Krasnoyarska metodom bioindikacii // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamentalnyh issledovanij. 2019. – № 12 (chast 2). – Pp. 175-181.
5. Melehova O.P. i dr. Biologicheskij kontrol okruzhayushej sredy: bioindikaciya i biotestirovanie. Moscow: Izdatelskij centr "Akademiya", 2007 (pod redakciej, 2016). – 288 p.
6. Metodicheskie rekomendacii po ocenke kachestva okruzhayushej sredy po sostoyaniyu zhivyh sushestv (ocenka ustojchivosti razvitiya zhivyh organizmov po urovnyu asimmetrii morfologicheskikh struktur). <https://docs.cntd.ru/document/901879474> (Data primeneniya: 10.10.2022, 10.06.2023).
7. <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-otsenki-stepeni-fluktuiruyushey-asimmetrii-listovyh-plastinok-na-primere-berezy-povisloy-borodavchatoy-betula-pendula-roth> (Data podachi zayavki: 10.10.2022, 10.06.2023).
8. Rukovodyashie principy rascheta vybrosov iz neorganizovannyh istochnikov. Utverzhdeno prikazom ministra ohrany okruzhayushej sredy ot 18 aprelya 2008 goda. – № 100-p.
9. Ekologicheskij kodeks Respubliki Kazahstan ot 2 yanvarya 2021 goda. – № 400-VI ZRK.
10. RND 03.3.0.4.01-96 "Rekomendacii po opredeleniyu "urovnnya zagryazneniya komponentov okruzhayushej sredy" toksichnymi veshchestvami iz othodov proizvodstva i potrebleniya", utverzhennye Ministerstvom ekologii i bioresursov (po sostoyaniyu 01.01.2024).