

УДК 631.416  
© 2017

**А.М. БЕНСЕЛГУБ,**  
аспірант

**Н.Н. ХАРИТОНОВ,**  
доктор сільськогосподарських наук

**Л.В. ШУПРАНОВА,**  
науковий співробітник

Днепропетровский государственный  
аграрно-экономический университет,  
Украина

E-mail: kharytonov.m.m@dsau.dp.ua

ул. С. Ефремова, 25, г. Днепр

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА  
ТЕХНОГЕННОГО  
ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ  
В ИНДУСТРИАЛЬНОМ РЕГИОНЕ  
АННАБА (АЛЖИР)

Головними забруднювачами ґрунтів в регіоні Аннаба є свинець, марганець, цинк і нікель. Найвище аеротехногенне забруднення ґрунтів важкими металами зафіксовано на відстані 2–4 км від сталеливарного комбінату Ель Хаджар. Контролем в розрахунках сумарного показника забруднення ґрунтів  $Z_c$  слугували значення вмісту важких металів у зоні аеропорту Ель Салінас. Ступінь техногенного забруднення у 3–5-кілометровій зоні поблизу металургійного заводу Ель Хаджар і в центральній частині м. Аннаба оцінюється як помірнонебезпечна. Порівняння значень ізоелектричних точок ізопероксидаз виявило якісні та кількісні відмінності в електрофоретичних спектрах білків 4-добових паростків коренів редиски, вирощеної на ґрунтах з різним рівнем техногенного забруднення. Найвищий рівень активності пероксидази зафіксовано в листках рослин, вирощених у безпосередній близькості від металургійного заводу Ель Хаджар.

**Ключові слова:** навколишнє середовище, важкі метали, промисловий регіон, індекс забруднення.

**Постановка проблеми.** В последние десятилетия основной упор в контексте подъема экономики Алжир делает на создание такой структуры, которая могла бы обеспечивать развитие промышленности с использованием внутренних ресурсов. К началу 80-х годов прошлого века около 70 % продукции горнодобывающей отрасли уже шло на нужды национальной индустрии. По запасам железных руд Алжир находится на втором месте среди государств Африки. Разработка железных руд ведётся открытым и подземным способами на месторождениях Джебель-Уэнза, Бу-Хадра, Хангет, Бени-Саф. Крупнейшее месторождение и перспектив-

ный район добычи железной руды Гара-Джеблет расположены на юго-западе страны. Добыча здесь осуществляется открытым способом, система разработки – транспортная. До 60 % добываемой в стране железной руды сегодня поступает на Эль-Хаджарский металлургический завод, а фосфориты из Джебель-Онк – на комплекс Асмидал [1, 2]. Известно, что при содействии специалистов из Днепропетровской области еще в 80-х годах прошлого столетия были построены сталеплавильный и проволочный цехи металлургического завода в Эль-Хаджаре провинции Аннаба. В 90-е годы были проведены работы по расширению мощностей этого завода.

Интенсивное развитие горно-металлургической отрасли, как в Алжире, так и в Украине, привело к повышенному уровню техногенной нагрузки на окружающую среду [3–6]. **Целью наших исследований** было дать комплексную эколобогическую оценку аэротехногенного загрязнения почв тяжелыми металлами в индустриальном регионе Аннаба.

**Материалы и методы.** Провинция Вилая, куда входит регион Аннаба, расположена на северо-востоке Алжира, на побережье Средиземного моря. На севере она омывается водами Средиземного моря, на востоке граничит с провинцией El -Tarf, на западе с провинцией Скикда, а на юге – с провинцией Гуэлма. Общая площадь, занимаемая провинцией, 1420 км<sup>2</sup>. Зона наблюдения за экологической обстановкой региона Аннаба включает районы Аннаба, Эль-Буни, Сиди-Амар, Эль-Хаджар и территорию аэропорта. Главные геоморфологические образования представлены тремя формами: равниной, дюнами и горами. Равнина Аннаба сложена аллювиальными отложениями в центре. Согласно международной классификации, в пределах исследуемой территории региона Аннаба большинство типов почв характеризуются как “техноземы”, “флювиоземы” и “ареноземы” [7]. По гранулометрическому составу щелочные техноземы являются супесями и имеют низкое значение ППК. Флювиоземы имеют щелочную реакцию рН, высокое содержание глины и ППК. Ареночувы характеризуются нейтральным или слабокислым рН, являются супесями и имеют низкое значение ППК. Для привязки к данным метеонаблюдений почвенные образцы отбирались неподалеку от стационарных постов контроля аэротехногенного загрязнения.

Для общей химической характеристики почв применяли общепринятые методы химического анализа. С целью оценки полиэлементного загрязнения почв металлами рассчитывали суммарный показатель загрязнения [6]

$$Z_c = \sum_{i=1}^n (K_{c_i} - (n - 1)),$$

где  $n$  – число элементов. Если коэффициент концентрации  $K_{c_i} \geq 1$ , то  $Z_{c_i} \geq 1$ . Это означает угрозу, причиненную окружающей природной среде загрязняющими веществами, степень которой оценивается следующим образом:

- $Z_c < 16$  – уровень угрозы загрязнения территории оценивается как допустимый;
- $16 < Z_c < 32$  – умеренно угрожающий;
- $32 < Z_c < 128$  – угрожающий;
- $Z_c \geq 128$  – чрезвычайно угрожающий.

Содержание тяжелых металлов в вытяжках почв определяли методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии. Проростки редиса выращивали на протяжении 4-х суток на водных вытяжках почв, отобранных в четырех районах региона Аннаба. Активность пероксидазы белков проростков редиса сорта Французский завтрак определяли по Бояркину [8]. Содержание легкорастворимых белков колеоптилей, экстрагированных 0,05 М трис – HCl буфером, рН 7,4, рассчитывали по методу Бредфорда [9].

**Результаты исследований и их обсуждение.** Показатели загрязнения почв тяжелыми металлами в зоне аэропорта были взяты как контроль в ходе расчетов суммарного показателя загрязнения  $Z_c$  (табл. 1).

Самый высокий уровень суммарного показателя  $Z_c$ , отмечен в 3–5-километро-

**1. Сумарный показатель загрязнения почв тяжелыми металлами  $Z_c$**

№ зоны	Место отбора пробы	$Z_c$	Степень техногенного загрязнения
3	0,3–1 км от металлургического завода	< 3	Допустимый
3	3,0 км от металлургического завода	20	Умеренно опасный
3	5,0 км от металлургического завода	26	Умеренно угрожающий
3	12,0 км от металлургического завода	10	Допустимый
1	Центр г. Аннаба	21	Умеренно угрожающий
2	Район Эль Буни	8	Допустимый

**2. Результати біотестування ґрунтів регіону Аннаба\***

Место отбора проб почв	Масса целого растения, мг	Длина, мм	C <sub>белка</sub> , мг/мл	Активность пероксидазы, усл. ед.
1. Центр г. Аннаба	68,2±2,29	<u>44,2±2,08</u> 20,1±1,23	<u>0,49</u> 0,79	<u>31,14±0,87</u> 68,62±1,58
2. Эль Боуни	68,1±2,77	<u>47,5±2,57</u> 21,7±1,18	<u>0,41</u> 0,63	<u>24,23±0,43</u> 43,69±0,31
3. 0,3 км от завода Эль Хаджар	66,1±2,82	<u>46,5±3,64</u> 19,8±1,23	<u>0,83</u> 0,79	<u>17,50±0,38</u> 62,31±1,57
4. 0,5 км от завода Эль Хаджар	61,6±2,71	<u>39,6±2,83</u> 18,1±1,06	<u>0,80</u> 0,80	<u>31,25±1,06</u> 109,6±4,17
5. 1,0 км от завода Эль Хаджар	66,6±2,77	<u>49,1±3,03</u> 17,6±1,08	<u>0,60</u> 0,62	<u>14,87±0,59</u> 89,09±2,15
6. 3,0 км от завода Эль Хаджар	71,2±3,10	<u>48,0±3,18</u> 22,3±1,48	<u>0,81</u> 0,79	<u>15,13±0,12</u> 45,23±1,34
7. 5,0 км от завода Эль Хаджар	71,2±2,58	<u>40,6±1,93</u> 21,0±1,27	<u>0,72</u> 0,72	<u>20,31±0,25</u> 56,67±2,68
8. 12,0 км от завода Эль Хаджар	74,2±2,97	<u>53,8±2,54</u> 25,1±1,43	<u>0,74</u> 0,67	<u>19,46±0,09</u> 55,60±3,91
9. Аэропорт	80,4±3,84	<u>59,2±4,20</u> 28,0±1,46	<u>0,99</u> 0,72	<u>21,18±0,99</u> 42,29±1,67
10. Эталон	84,3±4,16	<u>54,0±3,00</u> 25,3±1,53	<u>0,83</u> 0,82	<u>17,83±0,63</u> 73,54±3,79

\* Числитель – значения для корней, знаменатель – для листьев.

вой зоне, вблизи металлургического завода Эль Хаджар, а также в центральной части г. Аннаба как умеренно угрожающий.

Данные о биотестировании почв, отобранных в четырех выделенных зонах региона Аннаба приведены в табл. 2.

**3. Значения изoeлектрических точек изопероксидаз 4-суточных корней проростков редиса сорта Френчип при выращивании на вытяжках из почв региона Аннаба**

pI	Место отбора									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3,60	сл.	-	+	сл.	+	-	-	+	+	+
3,75	++	++	++	++	++	++	+	+++	+++	++
4,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
4,15	++	+	-	-	-	+	-	сл.	-	+
4,20	+	+	++	+	++	++	+	+++	+++	++
4,35	+	+	+	+	+	+	сл.	+	-	-
4,40	сл.	-	-	-	-	-	сл.	-	-	сл.
4,45	сл.	-	-	-	+	+	-	+	-	+
4,60	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4,77	+	+	+	+	++	+++	++	+++	+++	+++
5,00	+	-	сл.	сл.	+	+	-	+	+	+
5,04	+	-	сл.	+	+	+	сл.	+	сл.	+
5,08	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-
5,30	сл.	сл.	сл.	+	+	+	-	+	+	-

Самый высокий уровень биомассы в растениях редиса отмечен для образцов почвы, отобранных в зоне, прилегающей к аэропорту. Относительное снижение значения биомассы проростков редиса в остальных трех зонах составило 10–25 %. Содержание белка в корнях растений редиса находилось на уровне 0,6–0,8 мг/мл относительно показателей зоны аэропорта. Самый высокий уровень активности пероксидазы зафиксирован в листьях растений, выращенных в непосредственной близости (0,5–1,0 км) от

металлургического завода Эль Хаджар. Результаты изучения изоэлектрофоретических спектров пероксидазы корней проростков редиса сорта Френчлоп представлены в табл. 3.

Сопоставление значений изоэлектрических точек изопероксидаз выявило заметные качественные и количественные отличия в электрофоретических спектрах белков 4-суточных корней проростков редиса, выращенного на почвах с разным уровнем техногенного загрязнения.

### Выводы

1. Основными загрязнителями почв в регионе Аннаба являются свинец, марганец, цинк и никель.

2. Самое высокое аэротехногенное загрязнение почв тяжелыми металлами зафиксировано на расстоянии 2–4 км от сталелитейного комбината Эль Хаджар.

3. Степень техногенного загрязнения в 3–5-километровой зоне от металлургического завода Эль Хаджар и в центральной части г. Аннаба оценивается как умеренно опасная.

4. Зафиксировано достоверное снижение значения биомассы проростков и содержания белка в корнях растений редиса в трех районах города Аннаба относительно показателей зоны аэропорта, служащих контролем.

5. Сопоставление значений изоэлектрических точек изопероксидаз выявило заметные качественные и количественные отличия в электрофоретических спектрах белков 4-суточных корней проростков редиса, выращенного на почвах с разным уровнем техногенного загрязнения.

### Библиография

1. Semadi F. Faisabilité du traitement des eaux d'un oued chargé en éléments traces métalliques (ETM) par filtres plantés de macrophytes (*Phragmites australis*): cas de la région d'Annaba. Thèse de Doctorat / F. Semadi. – Université d'Annaba, 2010. – 225 p.

2. Airborn soils pollution evaluation with heavy metals in Annaba region (Algeria) / [A. Benselhoub, M. Kharytonov, M. Bounouala, R. Chaabia, A. Idres] // Metallurgical and Mining Industry. – 2015. – № 7. – P. 32–35.

3. Tadjine A. Toxicity of dust of dismissed complex of steel Annaba on some hematologic parameters of rabbit (Europeus) / A. Tadjine, A. Courtois H. Djebar // Environmental research journal. – 2008. – Vol. 2, issue 2. – P. 76–79.

4. Bio-indication of air quality in the Annaba city (East of Algeria) / N. Tlili, S. Zarrouk, L. Boughediri, F. Chaoui // Research Journal of biological sciences. – 2007. – Vol. 2, issue 6. – P. 617–619.

5. Конач П.И. Техногенез и кислотные дожди

/ Конач П.И., Шанарь А.Г., Шварцман В.М. – К.: Наукова думка, 2006. – 173 с.

6. Kharytonov M. Airborn soils pollution risk assessment near open-cast iron ore mines / M. Kharytonov, A. Benselhoub // Environmental Engineering and Management Journal. – 2014. – Vol. 13, issue 6. – P. 1329–1333.

7. Spatial distribution of heavy metal concentrations in urban, suburban and agricultural soils in a Mediterranean city of Algeria / S. Maas, R. Scheifler, M. Benslama, N. Crini, E. Lucot, Z. Brahmia, S. Benyacoub, P. Giraudoux // Environmental Pollution. – 2010. – 158. – P. 2294–2301.

8. Бояркин А.Н. Быстрый метод определения пероксидазной активности / А.Н. Бояркин // Биохимия. – 1951. – Т. 16. – С. 352–355.

9. Bradford M.M. A rapid and sensitive method for quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding / M.M. Bradford // Anal. Biochem. – 1976. – P. 248–254.