

А.Д. Байботаева*, Г.Д. Кенжалиева, Е.Н. Кучеров,
А.Д. Мамитова, А.А. Абдуова

Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, Казахстан, г. Шымкент,
*e-mail: aigul_saraneo@mail.ru

ДОЖДЕВЫЕ ЧЕРВИ КАК БИОИНДИКАТОРЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Значительная деградация почв, играющая очень важную роль в поддержании экологического баланса, является результатом различной антропогенной деятельности человека.

Тяжелые металлы поглощают из почвы все питательные вещества, которые необходимы растениям для роста и созревания, а люди и животные, в свою очередь, выделяют в почву разные продукты своего метаболизма. Так происходит круговорот веществ в природе. В результате антропогенной деятельности человека, как распространение транспортных средств, работающих на газе, сброс различных типов отходов и др., приводит к большим изменениям свойств почвы, поэтому у них ухудшается ее способность к самоочищению. Это может привести к нарушению метаболизма почвы, что приведет к ухудшению процессов минерализации почвы и увеличению концентрации ионов тяжелых металлов в почве и грунтовых водах, используемых для питья, что приводит к различным серьезным заболеваниям среди населения. Поэтому загрязнение почвы тяжелыми металлами и диагностика ее состояния является самой актуальной проблемой на сегодняшний день. В данной статье дан общий комплексный анализ возможности использования дождевых червей для биоиндикации состояния почвенного покрова южного региона Казахстана.

Ключевые слова: тяжелые металлы, дождевые черви, индикаторы, почва, Ачисай, деградация.

A.D. Baibotayeva*, G.D. Kenzhaliyeva, Ye.N. Kocherov, A.D. Mamitova, A.A. Abduova
M. Auezov South Kazakhstan university, Kazakhstan, Shymkent,
*e-mail: aigul_saraneo@mail.ru

Earthworms as bioindicators of soil contamination with heavy metals

Significant degradation of the soil, that plays the important role in the maintaining of ecological balance, is the result of anthropogenic human activity, it is the waste of large factories they are building, the proliferation of gas-powered vehicles, the dumping of various kinds of garbage, and the activities of life. From the soil, plants absorb all the nutrients necessary for growth and maturation, and they are in turn eaten by human and animals, who release the products of their metabolism into the soil. This is how the cycle of substances in nature takes place. As a result of human anthropogenic impact, the properties of the soil change, and its ability to self-purification deteriorates. This can cause disturbances in soil metabolism, and as a result, deterioration of soil mineralization processes, and the increase of the concentration of heavy metal ions in the soil and groundwater used for drinking purposes, that could cause serious diseases in the population. Therefore, the contamination of the soil with heavy metals and the diagnosis of its condition is the urgent topic. This article considers the possibility of using of earthworms for bioindication of the state of the soil cover in the South of Kazakhstan.

Key words: heavy metals, earthworms, indicators, soil, Achisai, degradation.

А.Д. Байботаева*, Г.Д. Кенжалиева, Е.Н. Кучеров, А.Д. Мамитова, А.А. Абдуова
М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Қазақстан, Шымкент қ.,
*e-mail: aigul_saraneo@mail.ru

Жауын құрттары топырақтың ауыр металдармен ластануының биоиндикаторы ретінде

Экологиялық тепе-теңдікті сақтауда маңызды рөл атқаратын топырақтың едәуір айтарлықтай деградациясы адамның әртүрлі антропогендік әрекетінің нәтижесі.

Өсімдіктер топырақтан өздеріне өсуге және жетілуге қажет болатын барлық қоректік заттарды сіңіреді, ал өз кезегінде адамдар мен жануарлар өздерінің метаболизм өнімдерін топыраққа шығарып жібереді. Табиғаттағы заттар айналымы – осылай жүріп отыратын құбылыс. Адамның антропогендік, яғни олардың салып жатқан үлкен зауыттарының қалдықтары, газбен жүретін көліктердің көбеюі, әртүрлі қоқыстарды тастау секілді іс-

әрекеті және тіршілік әрекеті нәтижесінде топырақтың қасиеттері өзгеріп, құнарының нашарлануына байланысты оның өзін-өзі тазарту қабілеті төмендей бастайды. Бұл топырақ метаболизмінің бұзылуына, соның салдарынан топырақтың минералдану процестерінің нашарлауына және ауыр металдар иондарының топырақта және жер асты суларында ішуге пайдаланылатын концентрациясының артуына әкелуі мүмкін, бұл халық арасында әртүрлі ауыр аурулар тудыруда. Сондықтан топырақтың ауыр металдармен ластануы және оның күйі мен жағдайын диагностикалау өзекті тақырып саналады. Мақалада Қазақстанның оңтүстік өңіріндегі топырақ жамылғысының күйі мен жағдайын биоиндикациялау үшін құрттарды қолдану мүмкіндігі жан-жақты сараланады.

Түйін сөздер: ауыр металдар, жауын құрттары, индикаторлар, топырақ, Ачисай, деградация.

Введение

С каждым годом все более усугубляются проблемы, связанные с загрязнением окружающей среды. Миллионы тонн мусора выбрасываются ежедневно на свалки, а атмосфера представляет собой смесь ядовитых веществ. Большая часть населения нашей планеты ежедневно вдыхает загрязненный воздух, а он в свою очередь способствует преждевременному старению и является одной из причин низкого веса детей и отрицательно сказывается на моральном состоянии людей (Департамент экологического мониторинга РГП «КАЗГИДРОМЕТ», 2018). Для всех индустриальных стран актуальна проблема загрязнения почвы ионами тяжелых металлов. В первую очередь данная проблема касается районов добычи и переработки металлосодержащего сырья, с выбросами ТЭЦ и автотранспорта. Со второй половины прошлого века на юге Казахстана начинается бурно развиваться горно-металлургическая отрасль, что резко ухудшило экологическую ситуацию региона. По республике Южно-Казахстанская область находилась на первом месте по антропогенному воздействию на окружающую природу. Самым большим предприятием по переработке полиметаллического и свинцово-цинкового сырья был АО «Южнополиметалл». В ходе увеличения и разрастания города Шымкент места складирования выбросов оказались в черте города. Было выявлено, что самое загрязнённое место находится на расстоянии полутора километров на северо-запад от АО «Южнополиметалл» (Исаева, 2018).

Мероприятия, направленные на сохранение экосистемы, представляют собой особую актуальность в сформировавшейся ситуации. Система экологического мониторинга, в рамках которой проводятся систематические наблюдения за состоянием биосферы, в том числе за уровнем наиболее опасных поллютантов, является

основной частью природоохранной деятельности. Производственный экологический мониторинг проводится в рамках производственного экологического контроля (Иваненко, 2018).

На сегодняшний день для большинства загрязнителей разработаны методы, позволяющие получать количественную оценку уровня загрязнения в экосистеме. При наличии одновременно нескольких загрязнителей в окружающей среде может произойти наложение их эффектов, и усиление негативного воздействия как на окружающую среду, так и на человека. Но не все существующие методы мониторинга экосистемы дают реальную оценку загрязнителя в конкретном биоценозе, что увеличивает практическую значимость использования для мониторинга экосистемы методов биоиндикации, основанных на оценке состояния биообъектов. К числу наиболее используемых методов экологического мониторинга по праву следует отнести биоиндикацию, получившую широкое распространение благодаря относительной дешевизне и кратковременности исследования, а также многообразию видов живых организмов, которые могут быть использованы для наблюдения за изменением тех или иных параметров окружающей среды (Гордеева, 2015). Несмотря на то, что биоиндикация позволяет дать интегральную оценку воздействия всего комплекса факторов на живые организмы, использование дождевых червей для биоиндикации состояния окружающей среды в настоящее время является недостаточно разработанным направлением. Вероятно, биоиндикационные исследования, обладающие прогностической ценностью и позволяющие более или менее адекватно оценивать степень антропогенного воздействия на экосистемы, пока являются лишь теоретически проработанными и обоснованными и могут быть проведены на популяционном и экосистемном уровнях. В связи с этим актуальность данной научной работы неоспорима.

Такие экологические проблемы, как снижение плодородия почв, загрязнение и их деградация, приобрели глобальный характер.

Обогащение почвы перегноем и растительными элементами, разложение в нем органических веществ происходит за счет деятельности дождевых червей и почвенной микрофлоры. Дождевые червы являются главными улучшителями почв, и никто не может полностью восстановить их функцию. Основным показателем плодородия, здоровья и чистоты почвы является наличие в нем дождевых червей. Конечно, эта цифра напрямую связана с количеством органики в почве.

Сам процесс повышения плодородия почвы является длительным и трудоемким. В данной работе мы предлагаем за счет применения экологически чистых, ресурсосберегающих, простых и доступных дождевых червей повышать продуктивность почв.

В последние годы во многих странах растет интерес к технологии переработки навозосодержащих отходов. Пищеварительная система компостных червей содержит органические вещества, адаптированные для переработки сельскохозяйственных и животноводческих отходов и мусора.

Существенные ошибки были допущены при проектировании производственных объектов в связи с установленными приоритетами обеспечения общего объема производства. Промышленные и санитарно-защитные зоны крупных предприятий должны находиться в достаточно больших расстояниях от населенных пунктов и больших городов, чтобы уменьшить их негативный эффект на здоровье и благосостояние живой природы. Но на сегодняшний день картина выглядит совсем иначе. Почва постоянно загрязняется отходами тяжелых металлов, что усугубляет экологическое состояние южноказахстанского региона. На данный момент перспективным направлением мониторинга содержания тяжелых металлов в почве является использование метода биоиндикации с использованием люмбрицид (дождевых червей).

Для учета количества люмбрицид в почве и установления степени влияния концентрации тяжелых металлов на дождевых червей разработано специальное устройство, расширяющее способы диагностирования содержания тяжелых металлов в почвах.

Методы исследований

Были проведены ряд исследований по влиянию тяжелых металлов на экологическое

состояние почвы в различных точках промышленного региона юга Республики Казахстан. Объектами исследования являлись почвы с территории завода Южполиметалл, с различных районов г.Шымкент, пос.Ачисай и т.д. Выбор металлов, определялся тем, что они входят в число приоритетных загрязнителей почв юга Республики Казахстан. Для контроля загрязнения поверхностно распределяющимися веществами – нефть, нефтепродукты, тяжелые металлы и др. – точечные пробы отбирают послойно с глубины 0-5 и 5-20 см массой не более 200 г каждая (ГОСТ 17.4.4.02-2017). Методом биотестирования с использованием в качестве тест-организма дождевых червей исследовали токсичность почв, загрязненных тяжелыми металлами.

В частности, для определения воздействия на дождевые черви были выбраны кадмий, свинец, хром, железо, медь. Затем в каждый отсек с почвой, содержащий определенный металл, вносят по 10 дождевых червей, измеряют время начала эксперимента на выживаемость дождевых червей в течение 7 суток (168 часов). Для воздействия на дождевые черви были выбраны кадмий, свинец, хром, железо, медь. Для оценки влияния этих реагентов на дождевые черви применялись пластиковые ёмкости объемом 3 л, которые заполнялись пробами по 1000 гр. почвы в каждый отсек, было указано процентные соотношение. Всего использовалось 5 ёмкостей с одинаковым количеством почвы и по 10 шт дождевых червей в каждой ёмкости. Длительность эксперимента по воздействию тяжелых металлов на дождевых червей составляла 7 суток, или 168 час. Поставленная задача решается тем, что для диагностирования содержания тяжелых металлов почве в качестве тест-объектов используют дождевых червей.

Дождевые черви помещают в отсеки с отобранными в различных загрязненных местах пробами почвы. По времени гибели дождевых червей судят о концентрации тяжелых металлов в почве, а также о пригодности таких почв для жизни и развития живых организмов (человека, растений, животных).

В центральный отсек помещают чистую пробу почвы и необходимое количество дождевых червей. В изолированные радиальные отсеки размещают загрязненные тяжелыми металлами почвенные образцы весом 1000 г, увлажненные до 5–7% влажности и по 10 особей дождевых червей из центрального отсека устройства.

При добавления других тяжелых металлов почва теряет способность к самоочищению и

происходит накопление загрязнителя как в почве, так и в организме дождевых червей, что приводит к гибели дождевых червей.

Встречающиеся в природе биоиндикаторы используются для оценки состояния окружающей среды, а также являются важным инструментом для обнаружения изменений в окружающей среде, как положительных, так и отрицательных, и их последующего воздействия на человеческое общество (Trishala K. Parmar, 2016). Дождевые черви являются одной из многочисленных и представленных во всех биогеоценозах групп почвообитающих животных-биоиндикаторов. Конечной целью любого процесса восстановления должно быть не только устранение загрязнения, но и сохранение здоровья экосистемы (Zaghloul, 2020). О степени загрязнения почв можно судить по количеству дождевых червей и их состоянию. Актуальность изучения роли дождевых червей как биоиндикаторов территорий, загрязненных тяжелыми металлами, определяется, в первую очередь, тем, что эти факторы вызывают ответную реакцию животных, которая выражается в виде поглощения тяжелых металлов червями. Данные реакции зависят не только от длительности загрязнения, но и от дозы загрязнителя.

Результаты исследований

Общие физико-химические показатели почвенных проб представлены в таблице 1. При проведении эксперимента было выявлено, что рН почвы колеблется от 7,22 до 7,73, т.е. является слабощелочной. На основании проведенных лабораторных исследований (МУ.08-47/203) были выявлены повышенные концентрации тяжелых металлов в этих образцах почв. Для оценки загрязненности почв химическими веществами были выбраны пробы почвы из дендропарка в г. Шымкент. Минимальное количество пробы отбирали с верхних и средних слоев с глубины до пяти и от пяти до двадцати сантиметров, при этом масса каждой – не более ста грамм. Для дальнейшего анализа пробы почвы сушили до полностью сухого состояния, и после держали в мешочках из ткани и бумажных коробках. С целью выявления в составе почвы химических элементов, в лаборатории пробу перекладывали на кальку (бумагу) и растирали пестиком большие куски. Полученную массу просеивали через небольшое сито, диаметр отверстий которого был размером в 1 мм. Пробы отбирались несколько (4-5) раз весной и осенью. В результате были сведены в таблицу максимальные значения ПДК (Таблица 1).

Таблица 1 - Анализы проб с различных точек промышленного региона юга Республики Казахстан

№	Объекты	Содержание компонентов, мг/кг					Метод испытания
		Pb	Cd	Zn	Cu	As	
1	Дендропарк г. Шымкент	4,0	1,0	10,0	0	0	МУ.08-47/203
2	Ачисай (Туркестанский район)	1287	37	871	344	0,64	
3	Внутренние вскрышные породы, образующиеся при добыче бурых углей Ленгерского месторождения (Толембийский район)	461	10	871	62	0,59	
4	АО «Промышленная корпорация Южнополиметалл» г. Шымкент	1287	37	7164	344	0,68	
	ПДК	32,0	0,5 – 1,0	23	23	2,0	

Последующий этап исследований загрязненных почв проводился методом биотестирования с использованием дождевых червей в качестве тест-организмов (Ляшенко, 2012). С целью выявления глубины проникновения тяжелых металлов в экосистему на территории площадью

1 га проводились прокопки размером 45 см в длину и 45 см в ширину на глубину встречаемости беспозвоночных и были отобраны образцы проб почв (Добровольский, 2013).

Одним из самых сильных канцерогенов в живых организмах считается свинец. Соответствующим

щая руда выплавляется на заводах, и 25 кг свинца на тонну продукта, произведенного в процессе переработки, выбрасывается в окружающую среду. Этот потерянный свинец накапливается в верхних 15 сантиметрах поверхности почвы, отравляя и повреждая микроорганизмы и корни растений в почве. Следует отметить, что Казахстан – один из крупнейших производителей свинца в мире.

Было выявлено токсическое действие ионов тяжелых металлов, содержащихся в почве, на численность и биомассу дождевых червей. Численность дождевых червей в почве увеличивалась с увеличением расстояния от отвалов полиметаллических руд в поселке Ачисай.

Результаты исследования представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Количество дождевых червей

№	1 км от Ачисай	2 км от Ачисай	3 км от Ачисай	5 км от Ачисай	10 км от Ачисай	25 км от Ачисай
Количество дождевых червей	0 штук	0 штук	0 штук	78 штук	47 штук	18 штук

Исследование видового состава и численности почвенных и надпочвенных беспозвоночных является одним из наиболее важных индикаторов антропогенного воздействия на почву и экосистему в целом. Их изучают на учётных площадках. На участках делают выемки грунта и устанавливают различные ловушки.

Из всех дождевых червей встретили 4 вида:

1. *Ap. s. trapezoids*
2. *Ap. s. Caligi.nosa*
3. *Ap. s. Roseo*
4. *Ap.c. foetida*

Самый распространенный вид – *Ap. s. Caligi.nosa*



Рисунок 1 – Виды дождевых червей

Таксономические, морфологические и физиологические характеристики микроорганизмов, выде-

ленных из пищеварительной системы этих дождевых червей, представлены в следующей таблице.

Таблица 3 – Таксономические, морфологические и физиологические характеристики микроорганизмов, выделенных из пищеварительной системы дождевых червей

П/н	Таксономическое расположение микроорганизмов				
	Виды	Родствен	Семья	Ряд	Класс
1	Chrusogenum	Penicillium	-	Hyphomycetales	Deuteromycetes
2	Chlamydosporum	Fusarium	-	Hyphomycetales	Deuteromycetes
3	Circinelloides	Mucor	Mucoraceae	Mucorales	Zygomycetes
4	Niger	Aspergillus	-	-	-
5	Dankaliensis	Gymnoascus	-	-	-
6	-	Endogone	Mucoraceae	Endogonales	Zygomycetes
7	-	Alternaria	-	Hyphomycetales	Deuteromycetes

Как упоминалось выше, у дождевых червей много ионов тяжелых металлов, накапливающихся в их телах. Выявленная в ходе исследования способность дождевых червей накапливать ионы тяжелых металлов в своем организме играет важную роль в очистке почвенной среды от вредных веществ.

Кроме того, концентрация ионов тяжелых металлов может подавлять активность дождевых червей в загрязненной окружающей среде. Обоснованные проблемы привели к изучению реакции дождевых червей на ионы тяжелых металлов и их абсорбционной способности.

Таблица 4 – Химический состав почвы Шымкента и количество дождевых червей

р/с	Фиксированная точка	Pb	Cd	Zn	Cu	Вермиккультура (количество)
1	Дендропарк	4	1,0	10	0	150
2	Центральный парк	23	1,3	28	0	24
3	Площадь Ордабасы	76	2,0	62	4,0	17
4	Река Бадам, плотина	154	9,0	233	69	12
5	мкр.Казыгурт, школа №66	461	10	871	62	7
6	Река Бадам, мост над заводом	200	15	193	65	6
7	Коммунизм	1287	37	7164	344	0
8	ПДК	32,0	1,0	23,0	23,0	

Ar. s. Caligi.nosa – обычные обитатели многих антропогенных и естественных биотопов, нередко доминанты сообществ. Червь грязно-серого цвета, длиной до 15 см. Обитает на пашнях, полях, огородах. На поверхности почвы появляется редко. Численность в благоприятных условиях бывает очень высокой – на 1 м² можно насчитать до 400-500 особей.

Ar. s. rosea – Розовая эйзения – розовый или сероватый червяк, иногда с окрашенным пояском. Имеет полторы сотни сегментов, при мак-

симальной длина червя восемь сантиметров и толщине до четырех миллиметров. Обильно встречается в садах, огородах, лесах и лугах.

Ar. s. foetida – Навозный червь – оранжево-красный червяк, до пятнадцати сантиметров длины и сантиметра толщины. Данный червь дурно пахнет и выделяет желтую слизь (Перель, 2007).

Ar. s. trapezoides – обладает большей способностью выживать в более суровых условиях (более сухая и более плотная почва). Червь коричнево-черного цвета, длиной до 20 см.

Само присутствие вермикультуры в почве меняет ее состав. Понятно, что то, что вермикультура живет в почве, создает особую среду для прохождения воздуха и воды. Все это обязательно для ряда химических процессов в почве, а главное – создает необходимые условия для воздуха и воды, почвенных организмов. Благодаря этим свойствам термическая культура как главный биодетектор указывает на загрязнение почвы.

Результаты и обсуждение

На основании проведенного биотестирования почв с использованием дождевых червей в качестве тест-организмов можно сделать вывод, что тяжелые металлы, содержащиеся в почвах, оказывают негативное влияние на численность и видовой состав тест-организмов (Бычинский, 2007). Результаты исследований показали, что образцы почв, отобранные с глубины 10-20 см и ниже оказывают менее выраженный токсический эффект на тест-организмы, чем более верхние слои почвы (Fuleky, 2009). Показатель кислотности почв является одной из причин данного явления, поскольку он оказывает существенное влияние на подвижность ионов тяжелых металлов: в кислых средах ионы токсичных металлов становятся слабомобильными (Lozhki.n, 2016).

Для учета количества любрицид в почвах в результате совместных исследований учеными Южно-Казахстанского государственного университета им. М. Ауэзова и Белорусской государственной сельскохозяйственной академии разработано специальное устройство. Изобретение относится к области безопасности жизнедеятельности, экологии и природопользования и может быть использовано для диагностирования почв, загрязненных тяжелыми металлами, с целью последующей их очистки и снижения содержания в них токсичных элементов в результате антропогенной деятельности. Разработка устройства для нового биоремедиационного способа диагностирования почв, загрязненных тяжелыми металлами, с помощью дождевых червей расширяет способы диагностирования содержания тяжелых металлов в почвах.

Техническим результатом является возможность экспрессного определения различных тяжелых металлов одновременно в нескольких пробах непосредственно в зоне загрязнения.

Для диагностирования содержания тяжелых металлов почве в качестве тест-объектов используют дождевых червей.

Устройство подходит для многоразового использования, легко транспортируется и может быть использовано для экспресс-тестирования как в лабораторных, так и в полевых условиях.

Как показали результаты исследований, проведенных на кафедре безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова, дождевые черви неодинаково реагировали как на различные виды загрязнителей, так и на концентрацию испытываемых реагентов.

Выяснилось, что гранулированный цинк оказывает наименьшее воздействие на популяцию дождевых червей – во всех опытных вариантах отмечена стопроцентная (100%) выживаемость дождевых червей. При пятидесятипроцентной (50%) концентрации сульфата меди выявлена полная гибель червей, также полная гибель дождевых червей отмечена при сорокапроцентной (40%) концентрации хлорида кобальта, при двадцатипроцентной (20%) концентрации сульфата железа, и десятипроцентной (10%) концентрации сульфата кадмия. Данные химические элементы можно расположить в следующей последовательности: $Cd > Fe > Co > Cu > Zn$ в зависимости от степени негативного влияния на дождевых червей (Босак, 2020).

Заключение

Дождевые черви – важнейшие представители почвенного детрита в лесах умеренного пояса. Биологическая активность дождевых червей существенно влияет на продуктивность почвы и рост растений. Дождевые черви играют важную роль в динамике питательных веществ в почве, изменяя ее физические, химические и биологические свойства. Их слепки, норы и связанные с ними отвалы составляют очень благоприятную микросреду для микробной активности. Они влияют на круговорот питательных веществ, изменяя пористость почвы и структуру агрегатов, изменяя распределение и скорость разложения растительного опада и изменяя состав, биомассу и активность почвенных микробных сообществ.

Вермикультивирование следует рассматривать как перспективное направление, позволяющее формировать и развивать экологические основы сельскохозяйственного производства посредством рационального использования природных возможностей, базирующегося на значительной активизации деятельности живых организмов, на управлении этой деятельностью (Джакупов, 2014).

Разработанное устройство для учета дождевых червей в почве позволяет применять люмбрицид в качестве объектов биоремедиационного способа диагностирования загрязненных тяжелыми металлами почв.

В результате исследований установлено, что по степени негативного влияния на люмбрицид тяжелые металлы располагаются следующим образом: $Cd > Fe > Co > Cu > Zn$.

Правильное управление дождевыми червями может поддерживать урожайность, в то время как количество удобрений может быть

уменьшено, поскольку сельское хозяйство может включать в себя множество видов деятельности, нарушающих почву, которые могут повлиять на биоту почвы и урожайность сельскохозяйственных культур. С поверхности почвы дождевые черви уносят в ходы фрагменты растительного опада, насыщая тем самым нижележащие слои дополнительной органикой. Дождевые черви структурируют почву, уничтожают патогенную микрофлору и обогащают почву минеральными веществами (Булгаков, 2017).

Литература

- Исаева А.У. Аккумуляция ионов свинца дождевыми червями в суглинистых почвах Южного Казахстана // *Агронимия и лесное хозяйство*, 2018. – С. 11-15
- Иваненко Н.В., Ярусова С.Б. Экологический мониторинг. – В.: ВГУЭС, 2018. – 10 с.
- Гордеева И.В. Перспективы использования высших базидиальных грибов в качестве тест-объектов для биоиндикации // *Международный научный журнал «Инновационная наука»*, 2015. – С. 30-33
- ГОСТ 17.4.4.02 – 2017 Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа.
- Босак В.Н., Байботаева А.Д., Кенжалиева Г.Д. Применение метода биоиндикации для оценки содержания тяжелых металлов // *Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства*. – 2020. – С. 57-59.
- МУ.08-47/203 Почва. Методика выполнения измерений массовых концентраций цинка, кадмия, свинца, меди, марганца, никеля, кобальта, железа, мышьяка, селена и ртути методом инверсионной вольтамперометрии.
- Trishala K. Parmar, Deepak R., Agrawal Y. // *Bioindicators: the natural indicator of environmental pollution*, *Frontiers in Life Science*, 2016, – P. 110-118
- Fuleky G, Barna S *Biotesting of heavy metal pollution in the soil* // *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* 3. 2008. – pp. 93-102.
- Zaghloul A., Mohamed S., Samir G., Fikry A. // *Biological indicators for pollution detection in terrestrial and aquatic ecosystems*, *Bulletin of the National Research Centre*, 2020
- Ляшенко О.А. Биоиндикация и биотестирование в охране окружающей среды. – СПб.: Изд-во СПбГТУРП, 2012. – 67 с.
- Добровольский Г.В. Предисловие // *Тезисы докладов международной конференции «Биодиагностика в экологической оценке почв и сопредельных сред»*, г. Москва, 4–6 февраля 2013 г. – М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2013. – С. 3–4.
- Бычинский, В.А. Тяжелые металлы в почвах в зоне влияния промышленного города / В.А. Бычинский, Н.В. Вашукевич. – Иркутск: Изд. Иркут. Ун -та, 2007. – 160 с.
- Департамент экологического мониторинга РГП «КАЗГИДРОМЕТ» // *Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан за 2018 год*. – Нур-Султан: Стандартинформ, 2018. – 331 с.
- Перель Т. С. Дождевые черви. Их экология и взаимоотношения с почвами и землепользованием. – М., 2007 – 273 с.
- Джакупова И.Б., Даутбаева Г.А., Шайхова Ж.Е. // *Биогумус- экологически чистое органическое удобрение*. – 2014. – №11.
- Булгакова М.А. Состав и численность дождевых червей как косвенный показатель физических свойств почв степных агроценозов предуралья // *Современные проблемы науки и образования*. – 2017. – № 2.
- Lozhkin A.V., Lednev A.V. *Aftereffect of ameliorative additives on contaminated with cadmium soils properties, barley yield and grain quality* // *Perm Agrarian Journal*. – 2016. - No 4. – Vol. 16. - pp. 35-41.

References

- Isayeva A. U. (2018) *Akkumuljacija ionov svinca dozhdevymi chervjami v suglinistyh pochvah Juzhnogo Kazahstana* [Accumulation of lead ions by earthworms in loamy soils of Southern Kazakhstan]. *Agronomija i lesnoe hozjajstvo*, pp. 11-15.
- Ivanenko N. V., Yarusova S. B. (2018) *Jekologicheskij monitoring* [Ecological monitoring]. V.: VSUES, 10 p.
- Gordeeva I. V. (2015) *Perspektivy ispol'zovaniya vysshih bazidial'nyh gribov v kachestve test-obektov dlja bioindikacii* [Prospects of using higher basidial fungi as test objects for bioindication]. *International Scientific Journal "Innovative Science"*, pp. 30-33
- ГОСТ 17.4.4.02-2017 *Metody otbora i podgotovki prob dlja himicheskogo, bakteriologicheskogo, gel'mintologicheskogo analiza*. [Methods of sampling and preparation of samples for chemical, bacteriological, helminthological analysis].
- Bosak V.N., Baibotaeva A.D., Kenzhalieva G.D. *Primenenie metoda bioindikacii dlja ocenki sodержaniya tjazhelyh metallov* [Application of the bioindication method for assessing the content of heavy metals]. *Gorki*, pp. 57-59.

МУ.08-47/203 Grunt. Metody izmerenija massovyh koncentracij cinka, kadmija, svinca, medi, marganca, nikelja, kobal'ta, zheleza, mysh'jaka, svena i rtuti metodom vol'tametrii. [MU.08-47 / 203 Soil. Methods for measuring mass concentrations of zinc, cadmium, lead, copper, manganese, nickel, cobalt, iron, arsenic, selenium and mercury by stripping voltammetry].

Trishala K. Parmar, Deepak R., Agrawal Y. (2016) Bioindicators: the natural indicator of environmental pollution, *Frontiers in Life Science*, P. 110-118

Fuleky G., Barna S. (2008) Biotesting of heavy metal pollution in the soil // *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, pp. 93-102.

Zaghloul A., Mohamed S., Samir G., Fikry A. (2020) Biological indicators for pollution detection in terrestrial and aquatic ecosystems. *Bulletin of the National Research Centre*.

Lyashenko O.A. (2012) Bioindikatsiya i biotestirovaniye v okhrane okruzhayushchey sredy [Bioindication and biotesting in environmental protection]. SPb: Publishing house SPbGTURP, 67 p.

Dobrovolskiy G.V. (2013) Predisloviye [Foreword]. Abstracts of the international conference "Biodiagnostics in the ecological assessment of soils and adjacent environments". Moscow, February 4-6, 2013. M.: BINOM, Laboratory of Knowledge, pp. 3-4.

Bychinskiy, V.A. (2007) Tjzhelye metally v pochvah zony vlijaniya promyshlennogo goroda [Heavy metals in soils in the zone of influence of an industrial city]. Irkutsk: Irkutsk University, 160 p.

Departament jekologicheskogo monitoringa RGP «KAZGIDROMET» (2018) [Department of environmental monitoring of RSE "KAZHYDROMET"]. Nur-Sultan: Standard-Tinform, 331 p.

Perel' T. S. (2007) Dozhdevye chervi. Ih jekologija i svjaz' s pochvami i zemlepol'zovaniem [Earthworms. Their ecology and relationship with soils and land use]. Moscow, 273 p.

Dzhakupova I. B., Dautbaeva G. A., Shakhova Zh. E. (2014) Biogumus - jekologicheski chistoe organicheskoe udobrenie [Biohumus - ecologically clean organic fertilizer]. *Almaty*, No 11, pp. 55-58.

Bulgakova M. A. (2016) Sostav i chislennost' dozhdevykh chervej kak kosvennyj pokazatel' fizicheskikh svojstv pochv stepnyh agrocenozov Urala [The composition and number of earthworms as an indirect indicator of the physical properties of soils of steppe agrocenoses of the Urals]. *Modern problems of science and education. Ecology*, No 2.

Lozhkin A.V., Lednev A.V. Aftereffect of ameliorative additives on contaminated with cadmium soils properties, barley yield and grain quality. *Perm Agrarian Journal*, No 4, Vol. 16, pp. 35-41.