

## БИОЛОГИЯ, ЭКОЛОГИЯ

УДК 631.95

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ БИОГЕОЦЕНОЗОВ ТЕРРИТОРИЙ ТЕХНОГЕННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ КАК ИНДИКАТОР АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ В ЭКОСИСТЕМАХ

Л.М. БАГАНДОВА, канд. биол. наук, доцент

Т.С. АСТАРХАНОВА, д-р с.-х. наук, профессор

Т.Н. АШУРБЕКОВА, канд. биол. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Дагестанский ГАУ им. М.М. Джамбулатова», г. Махачкала

*BIOLOGICAL PARAMETERS OF BIOGEOCECENOSIS OF TERRITORIES UNDER TECHNOGENIC POLLUTION AS AN INDICATOR OF ANTHROPOGENIC IMPACT IN ECOSYSTEMS**BAGANDOVA L.M., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor**ASTARKHANOVA T.S., Doctor of Agricultural Sciences, Professor**ASHURBEKOVA T.N., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor**Dagestan State Agrarian University named after Dzhambulatov M.M., Makhachkala*

**Аннотация:** Выявлено, что содержание в почве тяжелых металлов может выступать в роли экотоксикологического фактора, определяющего направление и характер развития почвенных микробных сообществ; установлено влияние выбросов кирпичных заводов на реакцию почвенной среды; определены физические свойства почв территорий, подверженных антропогенному воздействию.

**Annotation:** heavy metal concentration in soils is regarded as ecotoxicological factor determining the development of soil microbial communities. Impact of brick plants emissions on soil and physical properties of the soils exposed to anthropogenic intervention are identified.

**Ключевые слова:** антропогенные, мезофауна, структура почв, плодородие**Key words:** anthropogenic, mesofauna, soil structure, soil fertility

Поступая в почву в больших количествах, тяжелые металлы в первую очередь влияют на биологическую составляющую почвы, изменяя структуру микробиоценозов. В результате этого снижается направленность основных микробиологических процессов, а также активность почвенных ферментов. В дальнейшем происходит изменение более консервативных свойств: изменяются рН и структура почвы, уменьшается содержание гумуса в ней. Все это приводит к частичной и впоследствии – к полной утрате плодородия почв. Выбросы вредных веществ в атмосферу от различных источников, в том числе и высокотоксичных, локализованы в приземном слое атмосферы и оказывают непосредственное воздействие на почву, растения, животных и человека. Попадая на поверхность почвы путем «сухого выпадения» и вымывания осадками, часть из них включается в процесс почвообразования, часть поглощается растениями, часть выносится поверхностными и грунтовыми стоками [2]. То есть почвы являются связующим звеном между компонентами биосферы и биохимическим барьером, поглощающим тяжелые металлы, одновременно очищая от них природные среды. При превышении пороговых значений концентраций тяжелых металлов, при которых способность системы к самоочищению будет потеряна, почвы могут стать источником вторичного загрязнения воздуха, растений и вод. Важнейшие характеристики как буферность, способность к аэрации, инфильтрации почв определяют их физические свойства (содержание песка, пыли, плотность и другие особенности).

Для оценки экологического состояния биоценозов в качестве индикаторов могут быть использованы почвы и растения. В радиусе 5 км от кирпичных

заводов, расположенных по трассе Махачкала - Каспийск, мы разделили по гранулометрическому составу почвы на следующие группы: глины легкие и средние, суглинки тяжелые и средние. В исследованных разновидностях почв содержание песка доходило до 35,5 %; физической глины (частицы меньше 0,01 мм) - местами доходило до 83,5%; пыли - до 50,9.

В гранулометрическом составе в средних глинах преобладали иловато-пылеватые фракции в соотношении ила и пыли 1:1. Легкие глины характеризовались содержанием физической глины до 65,6; пыли – от 20,5 до 59,0; песка – от 5,5 до 42,5; илистой фракции - до 25,5%. Преобладающими являлись иловато-пылеватые фракции при соотношении ила и пыли 1:1,5-2,1. На отдельных участках преобладали иловато-пылеватые фракции при соотношении ила и пыли 1:1,6-1,9, что свидетельствует о благоприятных водно-физических свойствах верхнего слоя этих почв и их хороших структурных качествах. В пахотном слое средних глин наблюдалось повышенное содержание илистой фракции, приводящее к уплотнению почвы и нарушению газообмена и ухудшению водно-физических свойств почвенного покрова. В суглинке тяжелом содержание физической глины доходило до 59,2%; илистой фракции до 35,5; пыли – от 30,5 до 67,9 и песка – от 4,1 до 37,7%. Увеличение разрыва между количествами ила и пыли улучшало оструктуренность и водопроницаемость почв, и преобладающими фракциями являлись иловато-пылеватые. Нами установлено, что в суглинках среднем и тяжелом доминирует крупнопылеватая фракция (до 59%), а пылеватая варьирует от 32,8 до 48,9%. Рыхлым сложением, малой влагоемкостью и высокой водопроница-

емостью отличаются легкие разновидности. Поверхностный слой в них быстро теряет влагу и иссушается. В суглинках среднее содержание физической глины колеблется от 30,5 до 45,0; физического песка - 34,5-46,0%; пыли - 30,5-66,0; илистой фракции - в диапазоне 2,5-25,4. Пылевато-песчаные и пылеватые фракции находятся почти в равных количествах. Преобладание пылеватых фракций в гранулометрическом составе пахотного слоя почвы способствует благоприятным режимам его водопроницаемости и газообмена и говорит о хорошей скважности и рыхлом или слабоуплотненном сложении. Преобладание иловатых фракций и наибольшее содержание физической глины (58,9%) наблюдается в слое 130-140 см; соотношение ила и пыли в этом слое довольно широко (1:1,8) и дальше по профилю оно уменьшается до 1:2,5, что также указывает на хорошую водопроницаемость пахотного слоя. В почвах различных зон ландшафтов, окружающих заводы, содержание физической глины колеблется от 22,5 до 64,5%.

Почвы в системе основных ландшафтов характеризуются сходными показателями содержания физической глины, что говорит о различиях между разновидностями почвенного покрова по характеру и особенностям его формирования и развития. Плотность твердой фазы почв на исследуемой территории изменяется от 2,4 до 2,9 г/см<sup>3</sup>; в различных зонах колеблется мало и зависит от количества органического вещества, в том числе полуразложившихся растительных остатков (древесный и травянистый опад), которые обладают невысокой плотностью. С глубиной параллельно уменьшению количества органического вещества плотность постепенно увеличивается; для верхних слоев, богатых растительными остатками, характерна наименьшая плотность.

Таким образом, показатели гранулометрического состава и плотности почв варьируют как в пределах отдельных ландшафтов, так и в целом по всей изучаемой площади, что связано с разным соотношением доли глинистых и песчаных частиц и зависит от рельефа территории и характера её использования. Прямого влияния выбросов завода на физические свойства почв пока не установлено.

Дальнейшие наши исследования по изучению химических свойств почв показали, что в пахотном слое сумма обменных оснований достигает 25, а в подпахотном - 28 мг-экв/100 г почвы с преобладанием кальция до 80% в пахотном слое и до 85% в подпахотном, где отмечается резкое уменьшение органического вещества (1,5%). С глубины 40 см плотность почвы вниз по профилю увеличивается, а сумма обменных оснований уменьшается до 22 мг-экв/100 г почвы, заметно падает доля обменного кальция (до 60%), а содержание обменного магния достигает 28. В этих слоях отмечена низкая концентрация гумуса (0,8%); увеличение содержания магния в сумме обменных оснований ведет к уплотнению почв.

Низкий уровень обменных оснований отмечен в слое почвы 80-100 см (18 мг-экв/100 г почвы) при низком содержании в нем гумуса (0,6%), преобладании песчаных фракций и довольно широком соотношении ила и пыли - 1:2,2. Начиная со 100 см вниз по профилю, сумма обменных оснований возрастает до

24 мг-экв/100 г почвы в зависимости от количества коллоидных фракций с преобладанием кальция. Хорошо выраженную водопрочность почвенных структур при значительном содержании гумуса в верхнем слое почвы обуславливает высокая доля кальция в почвенно-поглощающем комплексе.

Плодородие почв определяют содержанием и составом органического вещества в почве. Доля гумуса в пахотном слое (0-20 см) варьирует в широком диапазоне (от 1,3 до 3,4%). Отмечено изменение доли гумуса в почве по мере удаления точек отбора проб по основным трансектам от завода; относительно стабильный уровень содержания гумуса характерен для первой и пятой трансект, что, очевидно, связано с наличием здесь обширных сельскохозяйственных площадей. Содержание гумуса в почвах агроландшафтов колеблется от 1,8 до 3,5%, а в почвах природной зоны - от 1,8 до 4,0%; в агрозоне выделены слабо-мало- и среднегумусные почвы.

Содержание гумуса в пахотном слое (0-20 см) почвы по зонам колеблется широко - от 1,2 до 4,5%; аграрная зона выделяется низким уровнем гумуса в верхнем слое почвы (в среднем 2,6); высокой концентрацией гумуса выделяются почвы природной зоны (в среднем 4,5) и лесополос (в среднем 4,2%). Изменение содержания гумуса по профилю почвы зависит также от особенностей рельефа.

Уровень органического вещества в почвах по вариантам и по точкам отдельных кластеров варьирует: высоким его содержанием отличаются пробы, отобранные на расстоянии до 1000 м от предприятия; по трансекте 2 - в пределах 3000; по трансекте 3 - в пределах 5000; по трансекте 4 - на расстоянии 3100 и по трансекте 5 - на расстоянии 4000 м от предприятия.

По результатам исследований можно заключить, что основная часть почв (>90%), окружающих заводы ландшафтов, относится к слабогумусным (содержание гумуса до 1,2%) и небольшая часть (>10%) - к малогумусным (содержание гумуса 2,5-3,0%); содержание органического вещества колеблется по сезонам и зависит от места отбора проб и расстояния от завода; в верхних слоях почвы концентрируется основная масса гумуса, с увеличением глубины слоя его содержание падает.

Оценка почв в зоне влияния кирпичных заводов на плодородие почв показала, что в результате выбросов завода на поверхность почвы с осадками поступают загрязняющие вещества. Оценка состояния почв по годам показывает, что в зоне прямого влияния завода уровень плодородия почв заметно меняется по сравнению с зоной косвенного влияния; количественные изменения содержания подвижного фосфора и общего азота отмечены во все годы. Реакция почвенной среды в зоне прямого влияния завода находится на уровне нейтральной (pH 6,9), а в зоне косвенного влияния - слабокислой (pH 6,3). В прилегающих к заводу ландшафтах уровень подвижного фосфора в верхнем слое почвы выше, чем в зоне косвенного влияния, примерно на 3,2 мг/100 г почвы, а доля обменного калия, наоборот, несколько выше в зоне косвенного влияния.

Результаты исследований плодородия почв в окружающих заводы ландшафтах показывают, что

выбросы предприятий влияют на содержание в них органического вещества и подвижного фосфора. Выбросы заводов за 5 лет исследований оказали определенное воздействие на все изучаемые показатели. В наибольшей степени это отразилось на концентрации в почве подвижного фосфора: за период исследований в зоне прямого влияния концентрация этого элемента в почвах агроландшафта увеличилась на 6,1; а в зоне косвенного влияния – всего на 1,3 мг/100 г почвы. Отмечено некоторое увеличение органического вещества в почвах зоны косвенного влияния по сравнению с зоной прямого воздействия.

Реакция почвенной среды на значительной территории, которая находится под влиянием выбросов заводов, заметно колеблется и зависит от рельефа местности, направления ветров, характера землепользования, растительности и загрязненности тяжелыми металлами. По мере удаления от предприятия реакция почвенной среды заметно меняется: кислые почвы преобладают по юго-западному направлению ветров, слабокислые – по западному направлению ветров. Наиболее благоприятные условия отмечены в лесополосах, под многолетней залежью, что связано с положительным воздействием растительности на почву с нейтральным сложением. В течение пяти лет в почвенной среде произошли изменения: в связи с увеличением производства к 2010 г. заводы усилили влияние на окружающие ландшафты по сравнению с 2005 г., о чем свидетельствует выявление в зоне прямого влияния в 2010 г. группы почв с кислой реакцией; доля этих почв составила 24,5%, тогда как в 2005 г. эта группа совсем не выделялась.

Уровень pH почвенного раствора не является величиной постоянной и заметно варьирует по сезонам. В весенне-летне-осенний период реакция почвенной среды в радиусе 500 м от заводов в пробах варьирует от 5,8 до 8,1; отмечена высокая доля слабощелочных почв (31,5%). В радиусе 5 км от завода почвы изучаемых ландшафтов характеризуются весной слабокислой (pH 6,3-6,9) реакцией; в летний период уровень pH изменялся от 5,5 до 8,5 (от среднекислых до среднещелочных).

Таким образом, следует подчеркнуть, что выбросы заводов влияют на кислотность почв во все периоды года; в летний период отмечается повышение щелочности почвенного раствора, что, по всей видимости, связано со снижением влажности по сравнению с весенним сезоном.

Определение плодородия почв по различным вариантам выявило, что по направлению основных ветров содержание органического вещества в почве колеблется от 1,1 до 4,4%, а по остальным направлениям с незначительным количеством ветровых дней его уровень в почвенных образцах варьирует в пределах 2,8-3,5 %. Наиболее высокий уровень содержания нитратного и аммиачного азота отмечен в летний период, что, очевидно, связано с усилением процесса нитрификации в верхнем горизонте почв под сформировавшимися растительными сообществами.

Содержание подвижного фосфора в почвенных образцах по вариантам опытов колеблется в широких

пределах: весьма высокий его уровень (от 480 до 8500 мг/кг) отмечен в почвах по основным направлениям ветров; содержание фосфора в почвах было самым низким в юго-восточном и северо-западном направлениях с минимальным количеством ветровых дней, что указывает на незначительный принос в почву фосфора с выбросами завода. В зимний период содержание фосфора в почвенных образцах окружающих ландшафтов несколько ниже, чем летом, что, очевидно, связано со смыванием оседающих выбросов тальми водами по поверхности промерзшей почвы в балочные системы.

При существенном варьировании уровня фосфора и относительно выровненном содержании обменного калия почвы весьма бедны разными формами азота. Выбросы заводов за 5-летний период способствовали понижению pH в верхнем слое почвы: по преобладающему направлению ветров слабощелочная реакция среды 7,2-7,3 сменилась на нейтральную – 6,9-7,0 и даже на слабокислую – 5,8-6,0.

Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах сильно колеблется по вариантам: заметно меняется доля свинца, кадмия, марганца и никеля, причем в зимний период содержание свинца и никеля выше, чем летом, что связано, возможно, со значительным их выносом с урожаем растений. Содержание подвижных форм металлов в почвах в некоторых вариантах зависит от концентрации в них гумуса, силы и продолжительности ветров, продуктивности растительных сообществ.

Исследования по изучению экологических групп почвенных микроорганизмов показали, что почвы изучаемых ландшафтов отличаются численностью микроорганизмов, обуславливающих поддержание гомеостатического состояния почв. В почвах окрестностей Каспийска, где установлено низкое содержание гумуса, отмечена минимальная концентрация микробного пула. В результате проведенного регрессионного анализа было получено уравнение регрессии, отражающее взаимосвязь между содержанием гумуса (Y) и количествами аммонифицирующих (X<sub>1</sub>), аминокислототрофных (X<sub>2</sub>), нитрифицирующих (X<sub>3</sub>), олиготрофных (X<sub>4</sub>), микромицетов (X<sub>5</sub>), азотфиксирующих (X<sub>6</sub>), целлюлозоразрушающих (X<sub>7</sub>) микроорганизмов, значениями мобилизации органического вещества (X<sub>8</sub>), педотрофности (X<sub>9</sub>), олиготрофности (X<sub>10</sub>) (табл. 1).

Полученные результаты указывают на наличие прямой корреляционной связи сравнительно высокой интенсивности между каждым микробным показателем и содержанием в почве гумуса. Почвенная микробиота включает различные функциональные группы микроорганизмов: активные (аммонификаторы, аминокислототрофы и др.) и пассивные, что в свою очередь обуславливает поддержание гомеостатического состояния почв. Качественный состав микробиоценозов представлен в основном видами следующих родов: *Bacillus*, *Aspergillus*, *Pseudomonas*, *Nitrobacter*, *Flavobacterium*, *Pimelobacter*, *Trichoderma*, *Arthrobacter*, *Nocardia*, *Penicillium*, *Oidiodendron*.

**Таблица 1. Зависимость содержания гумуса от численности экологических групп микроорганизмов в почвах (среднее за 2005-2010 г.г.)**

Результирующая переменная	Уравнение регрессии	Коэффициент множественной корреляции	Доля влияния факторов, % (X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , X <sub>4</sub> , X <sub>5</sub> , X <sub>6</sub> , X <sub>7</sub> , X <sub>8</sub> , X <sub>9</sub> , X <sub>10</sub> )
Гумус (Y)	$Y = -0,09X_1 + 0,008X_2 - 0,01X_3 + 0,003X_4 + 0,006X_5 - 0,03X_6 - 0,01X_7 + 0,001X_8 + 0,29X_9 + 0,105X_{10}$	0,9	1,0; 10,9; 17,6; 3,0; 4,5; 15,1; 5,7; 0,5; 13,8; 17,7

В микробиоценозах почв преобладает бактериальная флора. При значении коэффициента плодотворности в почвах ниже единицы процессы биохимической трансформации гумуса, осуществляющиеся автохтонной микрофлорой, протекают слабо [3]. Относительная плотность азотфиксирующей и целлюлозоразрушающей микрофлоры колеблется; эта нестабильность связана с зависимостью азотфиксации от многих факторов. Из известных свободноживущих азотфиксаторов в почвенных пробах встречаются представители родов *Azotobacter* и *Lipomyces*. Комплексом микроорганизмов, среди которых преобладают виды родов *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Verticillium* осуществляется процесс разложения целлюлозы растительных остатков.

Для почв характерны колебания микробного пула от 7,2 до 415 млн КОЕ/г. Низкое значение (7,2 млн КОЕ/г) характерно для почв на расстоянии 500 м от заводов, что, очевидно, связано с мощностью выбросов предприятий, негативно влияющих на окислительно-восстановительные процессы верхнего слоя почвенного покрова. Наибольшая численность микроорганизмов (до 415 млн КОЕ/г) свойственна почвам территории на расстоянии до 2,5 км от заводов; в этом направлении выбросы распространяются меньше. Основной снос загрязняющих веществ, выбрасываемых заводом, происходит по направлениям ветров, чем можно объяснить указанную ситуацию. Поскольку осаждение загрязнителей в сухом виде и в виде осадков происходит не вблизи заводов, а на определенном расстоянии, обусловленном атмосферным переносом выбрасываемых веществ, то их негативное влияние, соответственно, будет проявляться на достаточном от предприятия расстоянии. По мере удаления от предприятия наблюдается возрастание общего количества микроорганизмов, и показатели варьируют от 20 до 130 млн. КОЕ/г почвы. К югу и северо-востоку от завода численность микроорганизмов в почве колеблется от 7 до 180 млн. КОЕ/г почвы.

Содержание в почве тяжелых металлов может выступать в роли экотоксикологического фактора, определяющего направление и характер развития почвенных микробных сообществ, в связи с чем этот фактор был учтен при изучении состава микрофлоры в окрестностях заводов. Нами установлено, что низкие дозы тяжелых металлов активизируют интенсивность протекания микробиологических процессов и жизнедеятельность почвенных организмов, а их вы-

сокие уровни, наоборот, подавляют.

В исследованных образцах почвы с прилегающих к заводу площадей, где содержание металлов превышает ПДК, отмечается снижение численности микроорганизмов. В направлении от завода (1000 м), при превышении ПДК никелем - в 1,4 и мышьяком - в 1,7 раза; цинком в 2,5 раза; свинцом - в 3; марганцем - в 1,3 общая численность микроорганизмов составила 140, а на расстоянии 3,0 км при умеренной концентрации всех тяжелых металлов - 400 млн. КОЕ/г почвы. В юго-западном направлении на расстоянии 2000 м от предприятия, при сравнительно небольшом превышении ПДК (цинка в 1,8 и мышьяка в 1,3 раза), численность микроорганизмов доходит до 160 млн. КОЕ/г, что связано, видимо, с незначительной концентрацией тяжелых металлов и устойчивостью к ним микроорганизмов. Разнообразие различных видов животных в биотопе указывает на экологическое благополучие ландшафтов [1].

При оценке разнообразия животных в отобранных образцах почв по различным вариантам были обнаружены представители 8 классов беспозвоночных: *Gastropoda* и *Diplopoda*, *Insecta*, *Myriapoda*, *Crustacea*, *Arachnida*, *Olygochaeta*. Исследования почвенных образцов показали, что доминантными являются лямблициды (*Lumbricidae*) - 11,5 и жесткокрылые (*Coleoptera*) - 3,9 экз./кг почвы; их наличие указывает на богатство почвы грубым органическим материалом.

В почвенных пробах также были выявлены и другие беспозвоночные животные - кальцефилы: кивсяки (*Julidae*) - 0,5; двукрылые (*Diptera*) - 2,1 экз./кг почвы; в весенний и летний периоды доминирующую группу составляли классы *Olygochaeta* (дождевые черви), *Insecta* (коллемболы), *Akarina* (клещи) и *Nematoda*. Зависимость развития отдельных таксонов от воздействия выбросов завода проявилась у представителей класса *Nematoda*, у остальных таксонов определенных связей с влиянием производства не установлено, что подтверждают данные других авторов [1;4]. В почвах природной зоны валовое содержание железа, титана, кобальта и меди по максимальным показателям несколько выше, чем в сельскохозяйственной зоне. Средние уровни валового содержания кобальта, свинца, цинка и марганца в почвах природной зоны и лесополос ниже по сравнению с сельскохозяйугодиями (табл.2,3).



Таблица 2. Содержание (мг/кг) тяжелых металлов в верхнем (0-20 см) слое почв по природно-хозяйственным зонам (среднее за 2005-2010гг.)

Элемент	Сельхозугодия	Природная зона	Многолетняя залежь	Лесополосы	Урбозона
Валовое содержание					
Кадмий	0,2±0,004	0,2±0,005	0,2±0,003	0,2±0,01	0,2±0,01
Кобальт	30,5±0,6	30,5±0,5	32,5±0,7	29,5,0±1,2	30,1±1,10
Марганец	880,1±10,5	840,0±20,0	815,8±17,3	818,7±22,5	801,4±10,3
Медь	45,0±0,4	45,2±0,5	45,4±0,4	43,5±1,0	45,2±0,5
Мышьяк	8,5±0,13	8,4±0,15	9,0±0,40	9,1±0,31	9,3±0,18
Никель	50,3±0,45	49,2±0,78	52,6±1,85	51,6±2,1	54,0±0,70
Свинец	20,5±0,39	19,4±0,46	20,5±1,85	19,4±0,54	18,1±0,33
Стронций	125,5±1,40	130,6±1,56	132,7±1,45	122,4±1,30	130,4±1,90
Титан	4480,4±55,86	4182,1±75,3	5432,2±44,70	5423,2±140,22	5400,0±42,30
Цинк	79,3±2,40	83,9±1,00	90,3±1,76	80,6±1,01	82,2±1,03
Подвижная форма					
Кадмий	0,07±0,002	0,06±0,002	0,07±0,01	0,06±0,004	0,07±0,004
Кобальт	3,2±0,12	3,7±0,20	3,8±0,12	3,0±0,10	4,1±0,23
Марганец	130,1±4,5	136,5±6,5	145,2±5,7	130,0±9,8	170,2±5,6
Медь	8,2±0,2	7,5±0,12	8,5±0,20	7,2 ±0,13	8,4±0,32
Никель	8,5±0,13	8,0±0,22	8,7±0,31	7,8±0,23	8,2±0,18
Свинец	6,7±0,22	7,0±0,21	9,0±1,85	6,6±0,40	7,1±0,41
Цинк	8,0±0,22	8,5±0,31	9,0±0,11	8,6±0,18	9,0±0,28

Почвы урбозоны по средним показателям загрязнения тяжелыми металлами мало отличаются от сельхозугодий. Различия касаются в основном минимальных и максимальных уровней концентрации от-

дельных элементов. Содержание подвижных форм основных элементов в почвах урбозоны находится на уровне других территорий.

Таблица 3. Зависимость содержания подвижных форм тяжелых металлов в почвах поймы р. Сулак (среднее за 2005-2008 г.г.)

Результирующая переменная	Уравнение регрессии	Коэффициент множественной корреляции	Доля влияния факторов, % (X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , X <sub>4</sub> , X <sub>5</sub> , X <sub>6</sub> )
Zn	Zn=-0,467Pb-0,213Cd+6,327Co-0,103Mn+0,013Cu+0,503Ni	0,72	18,0; 6,0; 2,0; 2,0; 9,0; 18,3
Pb	Pb=0,575Cd+28,425Co+0,232Mn+0,010Cu+0,293Ni-0,447Zn	0,79	12,8; 10,0; 5,5; 11,1; 12,2; 16,0
Cd	Cd=-5,283Co-0,352Mn+0,009Cu+0,105Ni-0,150Zn+0,424Pb	0,84	2,4; 11,0; 13,5; 7,5; 7,1; 32,2
Co	Co=-0,003Mn+0,00001Cu+0,002Ni+0,001Zn+0,003Pb-0,001Cd	0,68	7,7; 0,8; 11,9; 2,6; 18,3; 3,4
Mn	Mn=0,004Cu+0,273Ni-0,051Zn+0,122Pb-0,249Cd-15,384Co	0,67	4,3; 15,0; 2,0; 7,0; 9,7; 5,3
Cu	Cu=0,176Ni+9,213Zn+7,821Pb+9,930Cd+43,395Co+5,825Mn	0,78	0,5; 15,9; 20,9; 18,3; 0,8; 6,4
Ni	Ni=0,632Zn+0,384Pb+0,187Cd+25,365Co+0,684Mn-0,0003Cu	0,87	22,3; 21,4; 7,0; 8,4; 15,3; 0,4

По мышьяку, хрому различия в их содержании незначительные. Некоторые расхождения между сельхозугодиями и лесными полосами по содержанию металлов связаны с выносом отдельных элементов

(кобальт, цинк, марганец) из нижних слоев почвы в верхний древесной растительностью с более мощной корневой системой по сравнению с травянистой.

#### Список литературы

1. Бабенко А.Д. Особенности формирования группировки коллембол в ходе первичного почвообразования в техногенных условиях // Фауна и экология ногохвосток. - М.: Наука, 1984. - С.159-168.
2. Биогеохимическая индикация окружающей среды / Ред. Н.В.Никитин. - Л.: Наука, 1988. - 68с.
3. Биоиндикаторы и биомониторинг: материалы междунар. симпози. / Ред. Д.А.Кривоулицкий. - Загорск, 1991. - 377с.
4. Гиляров М.С., Писаржевский А.Д. Почвенные беспозвоночные как объект экологического мониторинга // Охрана и воспроизводство природных ресурсов. - М., 1987. - С.110-113.