

Кенжетаяев Г.Ж.¹, Сырлыбекқызы С.², Жидебаева А.Е.³

¹доктор технических наук, профессор, e-mail: gusman.kenzhetayev@yu.edu.kz

²PhD, доцент, e-mail: Samal_86a@mail.ru

³PhD докторант, e-mail: ainur.zhidebayeva@yu.edu.kz

Университет Есенова, Казахстан, г. Актау

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВ В РАЙОНЕ ЦЕМЕНТНОГО ЗАВОДА «КАСПИЙ ЦЕМЕНТ» НА МЕСТОРОЖДЕНИИ МЕЛА ШЕТПЕ ЮЖНОЕ

Представлены результаты оценки состояния почв в 2014–2018 гг, в районе завода «Каспий Цемент» на месторождении мела Шетпе Южное. За период мониторинга было отобрано более 80 проб почвы с глубин 0–20 см. Тяжелые металлы в почве определяли методом атомно-абсорбционной спектрометрии с плазменной атомизацией с использованием ААС МГА 915, их содержание сопоставляли с имеющимися нормами ПДК. В почвах ПП-1 в 2018 году наблюдалось превышение ПДК по меди и никелю (2,6 и 2,3 ПДК). На ПП-2, наличие кадмия 2,02 ПДК и 2,05 ПДК, в 2017 г и 2018 годах. Зафиксировано превышение ПДК по мышьяку 1,3–2,7 ПДК в 2016 г., 2017 г. и 2018 годах. Максимальный коэффициент концентрации тяжелых металлов установлен для кадмия и свинца Кк (Cd) = 4,2, Кк (Pb) = 4,02 на ПП-2 (дорога на карьер), при этом на ПП-1 (на промплощадке) показатель Кк (Cd) = 3,5 был ниже, но при этом для хрома Кк (Cr) = 3,2. Загрязнения почв незначительные, превышение ПДК изученными металлами не более 3 ПДК, но уровень концентраций элементов Кк (Cd, Pb, Cr), а также коэффициент техногенности Кт (Ni) никеля на ПП-1 (4,0) и ПП-2 (3,4) высоки, в этой связи необходима организация постоянного экологического мониторинга почв.

Ключевые слова: месторождение мела, почвы, тяжелые металлы, экологическая оценка.

Kenzhetayev G.Zh.¹, Syrlybekkyzy S.², Zhidebayeva A.³

¹doctor of technical sciences, professor, e-mail: gusman.kenzhetayev@yu.edu.kz

²PhD, professor, e-mail: Samal_86a@mail.ru

³doctoral student, e-mail: ainur.zhidebayeva@yu.edu.kz

Yessenov University, Kazakhstan, Aktau

Ecological assessment of soils near the cement factory Caspian Cement on the chalk deposits Shetpe South

The article presents the results of the assessment of the state of soils in 2014–2018, in the area of the «Caspian Cement» plant at the Shetpe Yuzhnoye chalk Deposit. In General, the monitoring period, more than 80 soil samples were taken from depths of 0–20 cm. Heavy metals in soil by atomic absorption spectrometry with plasma atomization using AAS MGA-915 were compared with the available MPC norms. At PP-2, the presence of cadmium is 2.02 MPC and 2.05 MPC, in 2017 and 2018, respectively. Arsenic MPC exceeded 1.3–2.7 MPC in 2016, 2017 and 2018. The maximum concentration factor of heavy metals was set for cadmium and lead KK (Cd) = 4.2, KK (Pb) = 4.02 at PP-2 (road to quarry), while at PP-1 (on site) the KK (Cd) = 3.5 was lower, but for chromium KK (Cr) = 3.2. Soil pollution is insignificant, excessive concentrations of studied metals not more than 3 MPC, however, the concentrations of QC (Cd, Pb, Cr) and the technogenic coefficient CT (Ni) of Nickel on PP-1 (4.0) and PP-2 (3,4) is high, the organization of continuous ecological monitoring of soils is necessary.

Key words: chalk deposit, soils, heavy metals, environmental assessment.

Кенжетаев Г.Ж.¹, Сырлыбекқызы С.², Жидебаева А.Е.³

¹техника ғылымдарының докторы, профессор, e-mail: gusman.kenzhetaev@yu.edu.kz

²PhD, доцент, e-mail: Samal_86a@mail.ru

³PhD докторанты, e-mail: ainur.zhidebayeva@yu.edu.kz

Есенов Университеті, Қазақстан, Ақтау қ.,

**«Каспий Цемент» цемент зауыты ауданындағы
Оңтүстік Шетпе бор кен орнындағы топырақтың
жай-күйін экологиялық бағалау**

2014–2018 жылдары «Каспий Цемент» зауыты ауданындағы Оңтүстік Шетпе бор кен орнындағы топырақтың жай-күйін бағалау нәтижелері берілген. Мониторинг кезеңінде 0–20 см тереңдіктен 80–нен астам топырақ сынамалары алынды. Ауыр металдар плазмалық атомизациялы атомдық-абсорбциялық спектрометрия әдісімен, ААС МГА-915 пайдалана отырып анықталды, олардың мазмұны бар ШМК нормаларымен салыстырылды. 2018 жылы ПП-1 топырағында мыс және никель бойынша ШМК (2,6 және 2,3 ШМК) артуы байқалды. ПП-2 бор карьері ауданында кадмий 2017 жылы 2,02 ШМК және 2018 жылы 2,05 ШМК болды. Мышыяк бойынша 2016 ж., 2017 ж. және 2018 жылдары ШМК 1,3–2,7 ШМК артуы тіркелді. Ауыр металдар концентрациясының максималды коэффициенті кадмий және қорғасын үшін белгіленген $K_c(Cd) = 4,2$, $K_c(Pb) = 4,02$ ПП-2 (карьерге жол), бұл ретте ПП-1 (өндірістік алаңдарда) $K_c(Cd) = 3,5$ көрсеткіші төмен болды, бірақ хром үшін $K_c(Cr) = 3,2$. Топырақтың ластануы болмашы, зерттелген металдармен ШМК асып кетуі 3 ШМК-ден артық емес, бірақ $K_c(Cd, Pb, Cr)$ элементтерінің шоғырлану деңгейі, сондай-ақ ПП-1 (4,0) және ПП-2 (3,4) никельдің $K_t(Ni)$ техногендік коэффициенті жоғары, осыған байланысты топырақтың тұрақты экологиялық мониторингін ұйымдастыру қажет.

Түйін сөздер: бор кенорны, топырақ, ауыр металдар, экологиялық бағалау.

Введение

В Мангистауской области, летом 2014 г., непосредственно в Мангистауском районе совместно с компанией «HEIDELBERG CEMENT GROUP» (Германия) реализован «прорывной» инвестиционный проект – строительство цементного завода ТОО «Каспий Цемент». Цементный завод в районе поселка Шетпе построен на месторождении мела Шетпе Южное и является практически единственным производством, на котором для подготовки клинкера используется сухой мел. Мощность завода – 800 тысяч тонн цемента в год, при этом выпускаемые цементы европейских типов.

Цемент производится сухим способом, по самой передовой и экологически чистой технологии, оказывающей минимальное воздействие на окружающую среду. Наряду с экологической составляющей также главным преимуществом цементного завода является наличие современного полностью автоматизированного оборудования.

Но, тем не менее, известно, что частицы цементной пыли могут переноситься на расстояния до 5 км и охватывать значительные территории. Цементная пыль содержит от 10 до 40% кальция в виде оксида, карбоната, до 2,5% калия.

Хотя эта пыль считается нетоксичной, она может стать причиной изменения ряда свойств почв и растительности и соответственно их за-

грязнения в результате накопления некоторых химических элементов в больших концентрациях.

Принимая во внимание, что завод Каспий Цемент размещен на Западной равнине у подножья месторождения мела Шетпе Южное, необходимо отметить, что одним из факторов негативного воздействия на окружающую среду является пылеобразование при погрузке и транспортировке мела.

Для меловых пород характерна тонкая дисперсность, благодаря чему меловая пыль разносится на сотни метров от места разработки и транспортировки.

Загрязнение почв аэротехногенными выбросами вызывает существенные изменения в биогеоценозах. Это приводит к процессам разрушения растительного покрова и деградации почв и последующему формированию техногенных пустынь. Нарушаются природные фитоценозы, происходят существенные изменения в растениях, при этом в золе растений возрастает содержание и концентрация ряда химических элементов.

Для оценки степени опасности аэротехнического загрязнения почв в районе завода и карьера мела, отходами цементного производства и меловой пылью необходимы мониторинговые исследования окружающей среды, включающие контроль состояния почв и растительного покрова [1]. В этой связи исследования оценки состояния почв и растительности по степени их

значимости являются актуальными и своевременными.

Материалы, объекты и методы исследования

Материалы исследования. Основным источником фактической информации – материалы исследований кафедры «Экология и химической инженерии» КГУТИ им. Ш. Есенова, в период 2013-2018 годов, проведенных по согласованию с Управлением природных ресурсов и рационального природопользования (УПРиРП) Мангистауской области. По результатам исследований в 2014 году, был подготовлен и представлен проект «Экологические аспекты снижения негативного воздействия на биоразнообразие» на Международный конкурс «The Quarry Life Award, организованный компанией «HEIDELBERG CEMENT GROUP» [2].

Объекты исследования. В качестве основного объекта исследования были выбраны почвы, залегающие на территории месторождения мела Шетпе Южное, в частности районы западной равнины, включая территорию расположения завода Каспий Цемент, районы северного и восточного склонов и южных ущелий. Особое внимание было уделено району промышленной площадки завода и западному склону у автотрассы для транспортировки мела с карьера его добычи. Первая площадка ПП-1 – на расстоянии 75 м от ограждения промплощадки цементного завода. ПП-2 – у подножья холмов, в районе автодороги транспортировки мела, с отвалами вскрышных пород высотой 5 м. ПП-3 (контрольная площадка) – на западной равнине, на расстоянии 5000 м от завода 1500 м от вахтового поселка где влияние пыления мела и вредных выбросов производства не прослеживается.

Также исследовалось состояние почв, а также растительного покрова на пробных площадках для последующего изучения влияния выбросов как от завода, так и от карьера мела на почвенно-растительный покров.

Методы исследования. Отбор почвенных образцов. Отбор проб почв осуществляли по общепринятой в почвоведении методике в летне-осенний период в 2014, 2016, 2017 и в 2018 годах. На каждой пробной площади отбирали из верхнего корнеобитаемого слоя с глубины 0-20 см. Отбор производился пробоотборником.

Подготовка образцов пробы к определению тяжелых металлов проводилась на базе лабора-

тории управления природопользования Мангистауской области.

Определения гумуса в почве. Для исследования почвенных образцов использовали методы: цвет – по шкале Манселла, гранулометрический состав – по Качинскому, гумус (ОВ) – по Тюрину, валовый азот – по Кьельдалю, подвижные соединения фосфора и калия – по Чирикову (для карбонатных почв – по Мачигину). Общепринятыми методами определяли объемную массу, плотность твердой фазы, гидролитическую кислотность, сумму поглощенных оснований. Определение количества гумуса в почве выполняли по методу Никитина с колориметрическим окончанием по Орлову – Гриндель, основанном на мокром озолении органических соединений почвы [3, 4].

Определение pH водной вытяжки образцов почв. Водная вытяжка проводилась стандартным потенциометрическим методом с использованием рН-метра МР 220 (Mettler Toledo, Швейцария). Стандартная ошибка $\pm 0,1$. Для характеристики почв по уровням кислотности существуют квалификации [4]:

- сильнокислые почвы – рН 3,0-4,5;
- кислые – рН 4,5-5,5;
- слабокислые – рН 5,5-6,5;
- нейтральные – рН 6,5-7,0;
- слабощелочные – рН 7,0-7,5;
- щелочные – рН 7,5-8,5;
- сильнощелочные – рН >8,5.

Определение тяжелых металлов в почве. Определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии с плазменной атомизацией с использованием ААС МГА 915 (Люмекс, Россия). Атомная абсорбция – оптимальный метод анализа следовых количеств металлов. В методе атомно-абсорбционной спектроскопии концентрация элемента определяется по интенсивности поглощения света с характерной длиной волны атомным паром этого элемента. Атомно-абсорбционный анализ основан на способности свободных атомов, определяемых элементов, образующихся в пламени при введении в него анализируемых растворов, селективно поглощать резонансное излучение определенных для каждого элемента длин волн. Наиболее универсальным, удобным и стабильным источником получения свободных атомов является пламя. В пламени происходит испарение растворителя, растворенные вещества превращаются в мелкие твердые частицы, которые далее плавятся и испаряются. Образующиеся пары содержат смесь свободных атомов, ионов и молекул различных

металлов и других химических соединений содержащихся в водной вытяжке образцов почв [3, 5]. Определенные концентрации тяжелых металлов сравнивали с имеющимися предельно допустимыми концентрациями (ПДК) этих металлов для оценки и выявления техногенных геохимических аномалий в зонах действия цементного завода и пыления мела.

Статистическая обработка результатов. Статистическую обработку полученных данных проводили в среде аналитического программного интерфейса Statistica 10. Выбор метода анализа с помощью статистики критерия Краскела-Уоллиса (Kruskal-Wallis ANOVA) малым объемом выборок исследований с разными законами распределения. Этот критерий – непараметрическая альтернатива одномерному дисперсионному анализу и используется для сравнения трех или более выборок. Статистика критерия Краскела-Уоллиса в основном схожа с параметрическим однофакторным дисперсионным анализом, но этот критерий основан на рангах, а не на средних значениях.

Методы геоинформационных технологий (ГИТ). Использованы для создания и корректировки картографического материала. Карты-схемы района исследований выполняли с применением космоснимков и использованием программ семейства ГИС (Google Maps, Mapinfo Professional v. 12. Редактирование карт а также диаграммы и графики выполняли при помощи графических программ CorelDraw 11 и Paint (Windows XP).

Результаты исследований и обсуждение

Проект строительства цементного завода был основным в госпрограмме форсированного индустриально-инновационного развития Казахстана, согласно которой «Каспий цемент» стал единственным и крупным заводом в западном регионе. Решение его строительства в этом районе обусловлено наличием месторождения мела Шетпе Южное, в непосредственной близости от которого построен завод. Мел является основным сырьем для производства цемента с добавкой глинистого сырья месторождений Аусарской группы, которые расположены в 12 км. к северо-востоку от районного центра – поселка Шетпе, в 6,5 км. от которого находится месторождение мела Шетпе Южное. Расстояние до областного центра по железной и автомобильным дорогам – около 123 и 102 км, соответственно. Проект реализован компанией с мировым именем

Heidelberg Cement, являющейся одной из крупных мировых производителей строительных материалов, имеющей заводы и предприятия более чем в 40 странах мира, в том числе и в Казахстане. В настоящее время, «Каспий цемент» не только удовлетворяет нужды строителей региона, но и экспортирует цемент в соседние прикаспийские страны.

Для местных жителей на заводе создано около 400 новых рабочих мест. Вахтовый поселок ТОО «Каспий Цемент» расположен в 3,4 км от цементного завода.

Месторождение расположено в зоне пустынь и полупустынь с характерными для них почвенно-растительными ассоциациями. Почвенно-растительный покров описываемой территории относится к зоне полупустынной растительности. Почвенный покров представлен бурыми солонцеватыми почвами. В зоне глинистой и каменистой пустыни почвообразующие карбонатные и гипсоносные породы способствуют образованию маломощных щебенистых, карбонатных и сильнозагипсованных почв [1, 2]. Широко распространены солончаки и такыры. Балл бонитета – 10,6. Рекомендуемая мощность снятия почвенно-растительного слоя составляет от 0 до 10 см. Для этого зонального типа свойственна солянково-полынная растительность с небольшой примесью степных злаков (житняка пустынного, тырсика, ковылей Гогенакера и Шовица, реже – тырсы). Обычно господствует полынь серая (сероземная). Встречаются незначительные участки чистых полынных группировок из полыни серой, черной и полыни Майара [2, 8]. В наиболее глубоких западинах растут ковыль, типчак, пырей и разнотравье (ирисы, гвоздики).

Почвы. Характеристика физико-химических свойств почв

Гумус, особенно в зоне полупустынь, играет важную роль в процессе почвообразования и от содержания гумуса зависит аккумуляция тяжелых металлов в почве. Реакция почвенной среды – основной показатель состояния почвы в отношении роста и развития растительности [4]. Вместе с этим, от pH зависит степень подвижности химических элементов, а также тяжелых металлов в почве. Определение pH проводилось в день отбора проб, в течение трех часов с момента отбора проб почвы с 3-кратной повторностью для образца. На рисунке 2 приводятся показатели физико-химических свойств почв в районе исследований за летний период 2018 года, в силу того, что предыдущие результаты практически не отличаются от этих. Полученные

результаты свидетельствуют о том, что согласно квалификации почв по уровням кислотности на площадке ПП-1 (у промплощадки завода), при среднем значении $pH = 7,73$ кислотность почвы щелочная.

На площадке ПП-2 (в районе автодороги для транспортировки мела) почвы при среднем значении $pH = 7,76$ – тоже щелочные. Что касается почв на площадке ПП-3, на западной равнине на удалении от завода 5000 м почвы слабощелочные ($pH = 7,44$) (рисунок 1). Содержание гумуса в верхних горизонтах почв месторождения мела очень низкое, при этом изменяется в широких пределах от 0,07% на такырах (ПП-1), и до 0,72% на западной равнине (П-3) с максимальным значением 1,04%, у подножья холмов (ПП-2).

Ниже по профилю содержание гумуса также не превышает 1% и варьирует в пределах 0,09-

0,40%. Содержание азота в гумусовом горизонте колеблется в пределах 0,03-0,15%. Содержание валового фосфора не имеет определенных закономерностей.

В верхних горизонтах концентрация валового фосфора изменяется в пределах 400-1087,5 мг/кг. Как правило, чем тяжелее гранулометрический состав, тем выше емкость поглощения. Среди поглощенных оснований преобладает обменный магний.

Величина емкости обмена изменяется в широких пределах – от 6,15 до 22,63 мг-экв/100 г почвы. Почвы в районе площадки ПП-2 у холмов подножья карьера в зоне транспортировки мела по результатам анализа проб сильно засолены. Как видно из результатов определения состава водной вытяжки, сумма солей варьирует в пределах от 0,08 до 6,29%.

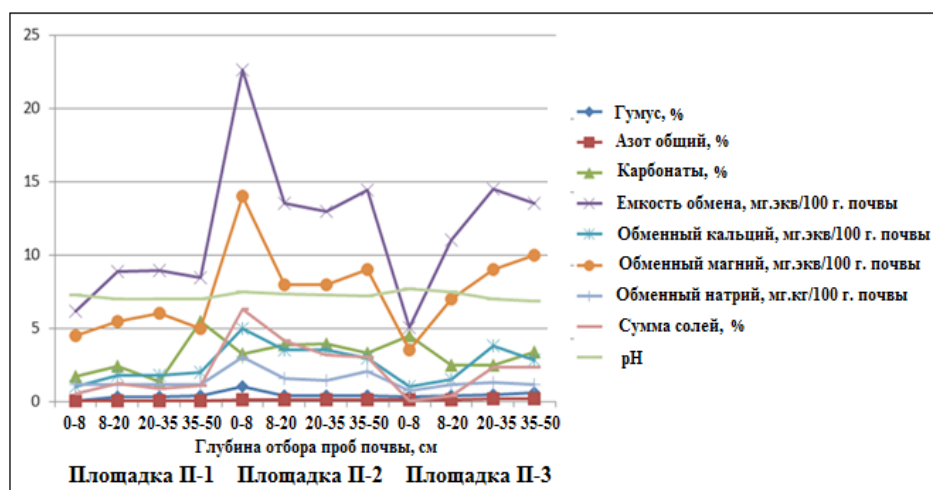


Рисунок 1 – Показатели физико-химических свойств почвы на пробных площадках

При этом минимальное количество солей характерно для верхних горизонтов почв, из которых соли из поверхностных горизонтов вымыты на некоторую глубину на площадках ПП-1 и ПП-2. Это объясняется тем, что моноклиальная залежь мела в верхних интервалах залегания очень трещиноватая и это способствует уходу влаги в нижние пласты.

Водно-солевой режим почв в районе подножья нестабильный. Эта нестабильность обусловлена тем, что во время выпадения кратковременных осадков вода, не успев накопиться в неглубоких понижениях, быстро просачивается вниз. Кроме того, большое значение играет характер засоления.

Почвы отличаются очень высоким содержанием карбонатов как с поверхности, так и по профилю. Их количество изменяется от 1,39 до 9,19%. По типу химизма засоления на месторождении мела Шетпе Южное наиболее распространены следующие типы: хлоридно-сульфатный – по анионам, и кальциевый – по катионам.

Содержание тяжелых металлов в почвах района исследований

Результаты лабораторных анализов проб почв на содержание тяжелых металлов, представленные в таблице 1, позволили выявить следующие закономерности.

Содержание меди Cu в почвах пробных площадок.

ПП-1 (район промплощадки завода Каспий Цемент). В 2014 году содержание меди составило 1,53 ПДК, в 2016 году – 1,06 ПДК, в 2017 году – 1,6 ПДК и в 2018 году – 2,6 ПДК.

Наблюдается незначительное превышение ПДК по меди и накопление в почвах. Превышение меди в почвах в районе цементного завода объясняется в основном выбросами при сжигании угольной пыли, а также выбросами транспорта в том числе и ж/д [6, 8].

ПП-2 (район транспортировки мела с карьера). Превышение ПДК также незначительное, практически на одном уровне и не превышает 2 ПДК. Так, в 2014 году – содержание меди в почве – 1,23 ПДК, 1,54 ПДК – в 2016 г., 1,55 – ПДК в 2017 г., и 1,7 – в 2018 г.

На содержание и накопления в почвах этого района меди влияют в основном выбросы транспорта (погрузки и транспортировки мела) отвалы вскрышных пород.

ПП-3 (контрольная площадка с удалением от завода на 5000 м). Превышение ПДК также незначительное, практически на одном уровне и не превышает 2 ПДК. При этом показатели последних трех лет практически равны и составляют в среднем 1,5 ПДК.

Это объясняется пылепереносом при усиление ветра в северо-западном направлении как с территории завода, так и с трассы доставки мела, вдоль которой находятся отвалы пород.

Содержание никеля Ni в почвах пробных площадок.

ПП-1 (район промплощадки завода Каспий Цемент). 2014 год – 1,95 ПДК, 2016 год – 2,1 ПДК, 2017 год – 2,2 ПДК, 2018 – 2,3 ПДК. Превышение никеля над ПДК – более чем в 2 раза.

Незначительное превышение и вместе с тем накопление никеля в этих пределах в почве возле завода объясняется влиянием отходов строительства (емкости из под лаков и красок), а также транспорта, работающего на мазуте (тракторная техника) с 2014 года [9, 11].

ПП-2 (район транспортировки мела с карьера). Содержание никеля в почве. 2014 год – 1,7 ПДК. 2016 год – 1,75 ПДК. 2017 год – 1,85 ПДК. 2018 год – 1,98 ПДК. Превышение незначительное. Содержание никеля в почвах превышающее ПДК, характерно для таких районов горных разработок, использующих экскаваторы, погрузчики и другую тракторную технику и большегрузный автотранспорт на дизельном топливе.

ПП-3 (контрольная площадка с удалением от завода на 5000 м). Содержание никеля в по-

чве этой площадки ниже допустимой концентрации, но все же наблюдается его наличие в пределах 0,4, 0,5, 0,63 и 0,6 ПДК по годам соответственно.

Содержание цинка Zn в почвах пробных площадок.

ПП-1 (район промплощадки завода Каспий Цемент). Превышение цинка над ПДК в почвах ПП-1 не зафиксировано, если не учитывать увеличения концентрации в 2018 году до 0,95 ПДК, по сравнению с количеством в 2014 году – 0,5 ПДК.

Основным источником загрязнения почв цинком являются выбросы в атмосферу при высокотемпературных технологических процессах (печи обжига клинкера) [8, 10, 12].

ПП-2 (район транспортировки мела с карьера). Содержание цинка на этой площадке аналогичное наличию цинка в почвах ПП-1 (от 0,66 до 0,9 ПДК), причем значения последних двух лет равны. Наличие цинка объясняется выбросами транспорта, перевозящего мел и другие составляющие для цемента.

ПП-3 (контрольная площадка с удалением от завода на 5000 м). На этом участке исследования зафиксировано наличие цинка. При этом его содержание цинка в почве незначительное и составляет 0,4, 0,43, 0,44, 0,45 ПДК соответственно по годам.

Содержание мышьяка As в почвах пробных площадок.

ПП-1 (район промплощадки завода Каспий Цемент). Зафиксировано содержание мышьяка в почве промплощадки завода в пределах 0,65, 0,59, 0,45 и 0,65 ПДК в 2014, 2016, 2017 и 2018 годах соответственно.

ПП-2 (район транспортировки мела с карьера). Содержание мышьяка у автодороги с карьера мела к заводу составляет следующую концентрацию в почве: 0,95, 1,06, 1,2 и 1,35 ПДК в 2014, 2016, 2017 и 2018 годах соответственно.

Превышение мышьяка не превышает 1,5 ПДК в целом. Показатели практически на одном уровне. Необходимо отметить, что согласно результатов исследований [7], установлено, что по всей территории Мангистауской области наблюдается превышение мышьяка над ПДК. Это связано не с техногенным загрязнением, а с природными процессами их геохимической миграции и методическими вопросами расчета ПДК.

ПДК, принятые в РК для мышьяка, равны 2,0 (Нормативы предельно допустимых концентраций ...2004), что ниже среднего содержания его в почвах региона.

Таблица 1 – Содержание тяжелых металлов в почвах площадок П-1, П-2 и П-3, мг/кг

Дата	$H_{\text{о.проб.}}$, см	Тяжелые металлы и их содержание в почвах, мг/кг						
		Cu	Ni	Zn	As	Cd	Cr	Pb
ПДК, мг/кг		3,0	4,0	23,0	2,0	5,0	6,0	32,0
Завод «Каспий цемент». Площадка ПП-1. Координаты: N44°05'31,63". E52°07'15,31"								
Весна 2014 г.	0-20	4,6	7,9	11,5	1,3	7,2	3,6	15,7
Осень 2016 г.	0-20	3,2	8,4	16,4	1,17	7,8	5,7	15,9
Осень 2017 г.	0-20	4,8	8,6	19,3	0,9	8,3	6,6	16,3
Осень 2018 г.	0-20	7,8	8,9	21,9	1,3	8,6	7,3	16,8
Завод «Каспий цемент». Площадка ПП-2. Координаты: N44°05'31,85". E52°08'10,83"								
Весна 2014 г.	0-20	3,7	6,8	15,4	1,9	9,4	3,1	27,1
Осень 2016 г.	0-20	4,7	7,0	17,3	2,12	9,8	3,7	30,7
Осень 2017 г.	0-20	4,8	7,4	20,2	2,4	10,1	3,9	30,9
Осень 2018 г.	0-20	5,0	7,9	20,8	2,7	10,4	4,4	31,6
Завод «Каспий цемент». Площадка ПП-3. Координаты: N44°05'55,93". E52°08'39,67" Контрольная площадка								
Весна 2014 г.	0-20	3,6	1,6	9,9	1,5	4,1	3,5	4,1
Осень 2016 г.	0-20	4,6	2,0	10,2	1,7	4,6	3,3	7,1
Осень 2017 г.	0-20	4,6	2,5	10,4	1,5	5,0	3,7	6,3
Осень 2018 г.	0-20	4,7	2,4	10,7	1,5	4,9	3,9	5,7

ПП-3 (контрольная площадка с удалением от завода на 5000 м). Наблюдается содержание мышьяка в почве ПП-3 в пределах 0,75, 0,85, 0,75 и 0,75 ПДК в 2014, 2016, 2017 и 2018 годах соответственно. Это подтверждает утверждение, что наличие мышьяка имеет природный характер [7]. Известно, что мощным источником техногенного мышьяка являются As-содержащие отвалы руд и горных пород [6, 11]. Вместе с тем, многими исследователями отмечается загрязнение среды природным мышьяком в ряде стран Азии.

Содержание кадмия Cd в почвах пробных площадок.

ПП-1 (район промплощадки завода Каспий Цемент). Зафиксировано содержание кадмия в почве промплощадки завода в количестве 1,44, 1,56, 1,66 и 1,72 ПДК в 2014, 2016, 2017 и 2018 годах соответственно. Превышение незначительное и связано с сжиганием угля. Также антропогенными источниками поступления кадмия в окружающую среду являются диффузно рассеянные источники разной мощности, начиная с тепловых энергетических установок до дизельного транспорта, включая ж/д транспорт [11, 12, 16].

ПП-2 (район транспортировки мела с карьера). Зафиксировано наличие кадмия у автодороги транспортировки мела с превышением ПДК в сле-

дующих концентрациях: 1,9, 1,96, 2,02 и 2,05 ПДК в 2014, 2016, 2017 и 2018 годах соответственно.

Кадмий, как правило, присутствует вместе с цинком в карбонатных рудах. Необходимо учитывать, что загрязнение почвы кадмием сохраняется длительное время и после того, как этот элемент перестает поступать вновь.

ПП-3 (контрольная площадка с удалением от завода на 5000 м). Обнаружено наличие кадмия в наиболее чистых почвах на западной равнине в пределах 500 метров от отвалов горных пород. Концентрация кадмия в 2014, 2016, 2017 и 2018 годах следующая: 0,82, 0,92, 1,0 и 0,98 ПДК. Содержание по годам на уровне 1 ПДК свидетельствует о накоплении в незначительных количествах кадмия в почвах.

Содержание хрома Cr в почвах пробных площадок.

ПП-1 (район промплощадки завода Каспий Цемент). Зафиксировано содержание хрома в почве промплощадки завода в количестве с превышением допустимой концентрации в 2017 и 2018 годах с показателями 1,1 ПДК, и 1,21 ПДК соответственно. Наличие хрома в почве – результат антропогенной деятельности завода (сжигание угля).

ПП-2 (район транспортировки мела с карьера). Наличие хрома в этом районе связано с

добычей мела, а также наличием отвалов. Концентрация хрома в почве ПП-2 менее ПДК и составляет 0,62, 0,76, 0,78 и 0,88 ПДК в 2014, 2016, 2017 и 2018 годах.

ПП-3 (контрольная площадка с удалением от завода на 5000 м). Зафиксировано наличие хрома в наиболее удаленных от производства почвах западной равнины.

Концентрация хрома в почве ПП-3 также менее допустимая и составляет 0,7, 0,66, 0,74 и 0,78 ПДК в 2014, 2016, 2017 и 2018 годах.

Содержание свинца Pb в почвах пробных площадок.

ПП-1 (район промплощадки завода Каспий Цемент). Наблюдается содержание свинца в почве промплощадки завода, оно не превышает ПДК (0,49, 0,5, 0,52 и 0,53 ПДК в 2014, 2016, 2017 и 2018 годах соответственно).

Источники загрязнения почв свинцом на ПП-1 – высокотемпературные технологические процессы при производстве цемента [9, 12].

ПП-2 (район транспортировки мела с карьера). Содержание свинца в почве на этом участке больше, чем на ПП-1, не превышает ПДК, и составляет 0,84, 0,96, 0,97 и 0,98 ПДК в 2014, 2016, 2017 и 2018 годах соответственно.

Источниками загрязнения почвы на ПП-2 среды свинцом являются выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания автотранспорта и тракторной техники [8, 13].

ПП-3 (контрольная площадка с удалением от завода на 5000 м). Наличие свинца в почве ПП-3, наименьшее по сравнению с ПП-1 и 2 и составляет 0,13, 0,22, 0,2 и 0,18 ПДК в 2014, 2016, 2017 и 2018 годах соответственно.

Динамика содержания меди, никеля, цинка, мышьяка, кадмия, хрома и свинца показала (рис. 2), что почвы ПП-1 были подвержены наибольшему загрязнению, наименьшему – ПП-3.

Для сравнительной оценки накопления тяжелых металлов в почвах изучаемых пробных площадей использовали коэффициент концентрации (K_K), рассчитываемый как отношение концентрации конкретного элемента в почвах изучаемой территории к его фоновому аналогу [4, 6, 13].

$$K_K = \frac{C_{\text{проб.пл.}}}{C_{\text{ср}}} \quad (1)$$

где $C_{\text{проб.пл.}}$ – содержание тяжелых металлов в почве конкретного участка, в нашем случае

пробной площади, мг/кг; $C_{\text{ср}}$ – среднее содержание тяжелых металлов в почвах пос. Шетпе, мг/кг.

Коэффициенты концентрации показаны в таблице 2. Например, для меди Cu. Среднее значение меди по годам для ПП-1 = 5,1. Содержание меди в почвах п. Шетпе – 6,4 мг/кг. Тогда для ПП-1 $K_{K(\text{Cu})} = 5,1/6,4 = 0,79$. Среднее значение меди для ПП-2 по годам равно 4,6. Для ПП-2 $K_{K(\text{Cu})} = 4,6/6,4 = 0,72$. Для ПП-3 (контроль) $K_{K(\text{Cu})} = 4,35/6,4 = 0,67$.

По данному показателю K_K изучаемые элементы образуют три группы.

В первой представлены медь Cu и мышьяк As, для которых K_K существенно ниже 1.

Во вторую группу попадают никель Ni, цинк Zn, хром Cr, свинец Pb.

В третьей группе – наиболее токсичный кадмий Cd с коэффициентом концентрации K_K более 3, для которого K_K на промплощадке завода ПП-2 выше 4.

Для построения ряда накопления тяжелых металлов в почвах пробных площадей был рассчитан показатель коэффициента техногенности (K_T) [6, 11, 15].

Коэффициент техногенности рассчитан по формуле:

$$K_T = \frac{C_{\text{проб.пл.}}}{C_{\text{конт}}} \quad (2)$$

где $C_{\text{проб.пл.}}$ – содержание тяжелых металлов в почве конкретного участка, в нашем случае пробной площади, мг/кг; $C_{\text{конт.}}$ – содержание тяжелых металлов на контрольном участке (площади), мг/кг.

Например, для меди Cu. Среднее значение меди по годам для ПП-1 = 5,1. Среднее значение для контрольной ПП-3 = 4,35. Тогда для ПП-1 $K_{T(\text{Cu})} = 5,1/4,35 = 1,17$. Среднее значение меди для ПП-2 по годам равно 4,6. Для ПП-2 $K_{T(\text{Cu})} = 4,6/4,35 = 1,04$.

Полученные коэффициенты техногенности K_T зафиксированных в почвах элементов представлены в таблице 2. K_T рассчитывался как отношение концентрации элемента (среднее значение) в почве каждой пробной площадки к его концентрации в почвах контрольной площадки. Приведенный показатель отражает техногенное привнесение тяжелых металлов в исследуемую природную среду, в частности в почвы [14, 15].

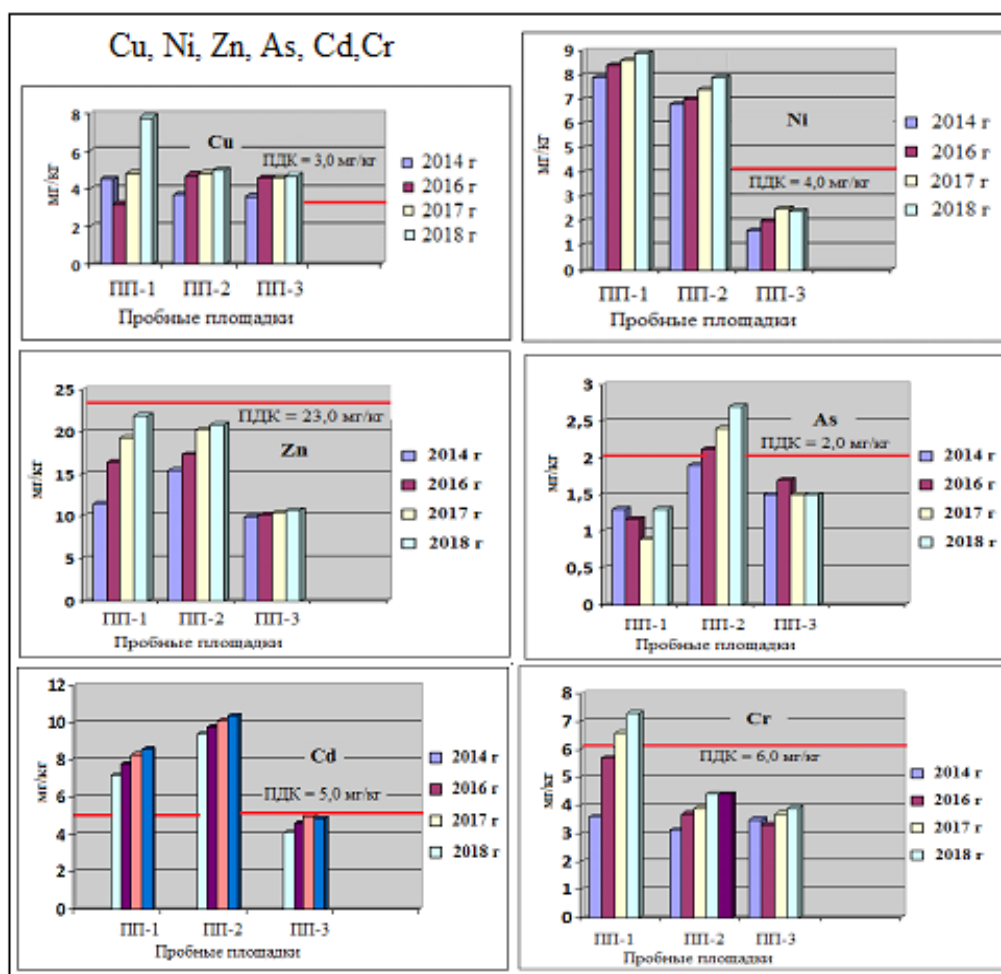


Рисунок 2 – Динамика содержания тяжелых металлов в почвах пробных площадок ПП-1, ПП-2 и контрольной площадки ПП-3

Таблица 2 – Коэффициент концентрации тяжелых металлов для почв исследованных пробных площадей ПП-1 и ПП-2

Пробные площади	Cu	Ni	Zn	As	Cd	Cr	Pb
ПП-1	0,79	2,64	2,36	0,35	3,47	3,23	2,22
ПП-2	0,72	2,3	2,1	0,67	4,2	1,9	4,02
ПП-3 (контроль)	0,67	0,89	1,34	0,47	2,08	1,7	0,83

Из таблицы 3 видно, что даже при том, что концентрация свинца не превышает допустимой концентрации, наибольший коэффициент техногенности свинца Pb на ПП-2 и составляет 5,19, тогда как для ПП-1 эта величина почти в 2 раза меньше. Это связано с тем, что в почвах ПП-2 (в районе трассы транспорта мела и отвалов) концентрация свинца

почти в 5 раз больше, чем на контрольной площадке. Следующий наиболее высокий показатель Кт никеля характерен для ПП-1 (4,0) и ПП-2 (3,4). Показатели меди, цинка и хрома выше 1 на обеих пробных площадях. Кт кадмия на ПП-2 – более 2. Что касается мышьяка, то его показатель менее 1 для ПП-1, и более 1 для ПП-2.

Таблица 3 – Коэффициент техногенности тяжелых металлов для почв исследованных пробных площадей ПП-1 и ПП-2

Пробные площади	Cu	Ni	Zn	As	Cd	Cr	Pb
ПП-1	1,7	4,0	1,66	0,75	1,71	1,61	2,9
ПП-2	1,04	3,4	1,54	1,47	2,13	1,05	5,19

Таким образом, техногенное привнесение тяжелых металлов особенно ярко проявляется на пробных площадях с наибольшей техногенной нагрузкой, исходящей как от цементного завода, так и от карьера мела [8, 15]. На рисунке 3 приведены карты-схемы района исследований, выполненные в 2014 и 2018 гг. в среде Google Maps,

Mapinfo Professional v. 12, с редактированием карт с использованием программ Corel Draw 11 и Paint.

Статистическая обработка результатов исследований. В таблице 4, по данным таблицы 1, представлены результаты анализа данных исследований в среде Statistica 10.

Таблица 4 – Содержание тяжелых металлов, мышьяка для слоя 0-20 см в почвах исследуемого района на пробных площадях ПП-1, ПП-2 и ПП-3 (контроль)

Вещество	Площадки наблюдений на месторождении мела Шетпе Южное и в районе завода «Каспий-Цемент»			Критерий (Kruskal-Wallis) ANOVA	Сумма рангов и среднее ранга
	ПП-1 (промплощадка) (n = 4)	ПП-2 (карьер мела) (n = 4)	ПП-3 (контроль) (n = 4)		
	Mean ± SD			p	
Cu	5,09±4,75	4,61±2,96	4,37±2,61	0,047	33,5 (11,1)
Ni	8,14±7,09	7,61±6,82	2,17±1,83	0,084	25,5 (8,5)
Zn	20,03±14,92	19,92±14,7	10,03±9,13	0,256	27,0 (9,0)
As	1,20±0,89	2,37±1,93	1,53±0,62	0,924	22,0 (7,5)
Cd	8,19±7,51	10,05±9,68	5,61±4,37	0,842	25,0 (8,33)
Cr	6,83±5,74	4,21±3,90	3,81±3,49	0,135	29,5 (9,83)
Pb	16,3±15,7	30,07±29,63	5,93±4,87	0,532	22,0 (7,33)

Обработка данных анализа содержания тяжелых металлов в почвах ПП-1, ПП-2 и ПП-3 (контроль) (таблица 4), в среде Statistica 10, показала, что критерий Краскела-Уоллиса статистически значим только для Cu (0,047) ($p < 0,05$). Из таблицы 4 видно, что наивысшими ранговыми суммами относительно содержания меди Cu характеризуются выборки по площадке ПП-1 (33,5), хрома Cr, по площадке ПП-1 (29,5), и цинка Zn по площадке ПП-2 (27,0). Эти тяжелые металлы вносят максимальный вклад в различия по содержанию этих элементов между всеми группами.

Выводы

Исследования в районе месторождения мела Шетпе Южное и цементного завода Каспий Цемент показали, что почвенный покров представ-

лен бурыми солонцеватыми почвами. В зоне глинистой и каменистой пустыни почвообразующие карбонатные и гипсоносные породы способствуют образованию маломощных щебенистых, карбонатных и сильнозагипсованных почв.

Физико-химические характеристики почв не выходят за пределы средних показателей, характерных для Мангистауской области в целом.

Учитывая, что физико-химические свойства почв являются относительно стабильными, в дальнейшем целесообразно проводить их изучение раз в три года.

В почвах ПП-1 (у промплощадки завода) в 2018 году наблюдалось превышение предельно допустимых концентраций по меди и никелю более чем в 2 раза (2,6 и 2,3 ПДК соответственно). Также на ПП-2 (район транспортировки мела с карьера) зафиксировано наличие кадмия у авто-

дороги транспортировки мела с превышением ПДК в 2,02 и 2,05 раза в 2017 и 2018 годах соответственно.

Превышение ПДК по мышьяку наблюдалось более 1 ПДК в 2016, 2017 и 2018 годах. Наличие в почвах мышьяка носит природных характер [7, 9, 12].

Превышения ПДК по цинку и свинцу не наблюдалось.

Максимальный коэффициент концентрации тяжелых металлов ($K_k > 4$) установлен для кадмия и свинца [16] на промплощадке ПП-2, тогда как для никеля Ni, цинка Zn, хрома Cr и свинца Pb $K_k > 2$. Для меди Cu и мышьяка As коэффициент K_k существенно ниже 1.

Наибольший коэффициент техногенности свинца Pb на ПП-2 составил 5,19, тогда как для ПП-1 эта величина почти в 2 раза меньше. Это связано с тем, что в почвах ПП-2 (в районе трассы транспорта мела и отвалов) концентрация свинца почти в 5 раз больше, чем на контрольной площадке.

Следующий наиболее высокий показатель Кт никеля характерен для ПП-1 (4,0) и ПП-2 (3,4). В результате проведенной статистической обработки результатов по среднему содержанию тяжелых металлов для слоя 0-20 см исследованных площадок ПП-1, ПП-2 и ПП-3 (контроль) статистическая значимость выявлена только по содержанию меди.

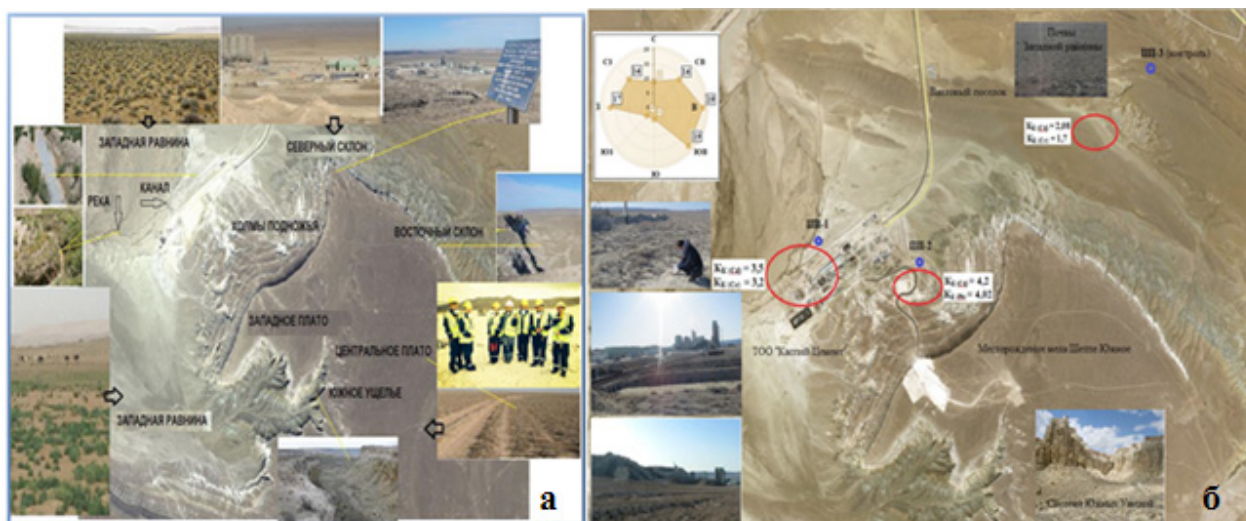


Рисунок 3 – Карта-схема района исследований (месторождение мела Шетпе Южное и завод Каспий Цемент) (составлена в среде Google Maps, Mapinfo Professional v. 12. Кенжетаяев, а) 2014, б) 2018)

В целом загрязнение почвенного покрова тяжелыми металлами в зоне влияния цементного завода Каспий Цемент незначительно превышает предельно допустимую концентрацию

(ПДК), но уровень концентраций тяжелых металлов здесь высок, поэтому необходима организация постоянного экологического мониторинга почв.

Литература

О состоянии экологической обстановки Мангистауской области и источниках его загрязнения. Управление природных ресурсов и регулирования природопользования Мангистауской области (УПРиРП). – Актау, 2015. – 62 с.

Газета ЛАДА. Новости Актау. «Наша миссия сохранить природу» / Международный конкурс The Quarry Life Award. Проект: Кенжетаяев Г.Ж. “Экологические аспекты снижения негативного и повышения положительного воздействия на биологическое разнообразие в процессе восстановления месторождения мела Шетпе Южное”. Актау. 20. 11. 2014 г.

ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовка проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализов.

Семендяева Н.В. Методы исследования почв и почвенного покрова: учебное пособие // Н.В. Семендяева, А.Н. Мармулев, Н.И. Добротворская; Новосибирский гос. аграр. ун-т, СибНИИЗиХ. – Новосибирск: Издательство НГАУ, 2015. – 202 с.

Методика выполнения измерения массовой концентрации цинка, кадмия, меди, свинца в пробах почв молюсками методом с электротермической атомизацией на атомно-абсорбционном спектрометре «МГА–915». Свид-во № 224.04.05.001/2009. Шифр РК 04-25-2001.

Водяницкий Ю.Н. Об опасных тяжелых металлах/металлоидах в почвах // Бюллетень Почвенного института В.В. Докучаева. 2015. Выпуск 68. С. 56-82.

Kenzhetaev G. Zh., Suleimenova N.Sh., Permyakov V.N., Nurbayeva F.K. Investigation into the Physico-Chemical Properties of Soils of Caspian Sea Coastal Area in Mangystau Province // *ORIENTAL JOURNAL OF CHEMISTRY*, December 2014. ISSN: 0970-020 X CODEN: OJCHEG 2014, Vol. 30, No. (4): Pg. 1631-1638.

Zhidebayeva A, Kenzhetaev G, Samal Syrlybekkyzy, Aitimova A, Suleimenova B, Janaliyeva N.// Studying state of soils in South shetpe chalk deposit. *EEC-EM – Ecology, Environment and Conservation (0971765X-India-Scopus)*, 03, 385758. ISSN 0971-765X. (0971765 X-India-Scopus), 03, 385758. 24 (3) : 2018; pp. (1065-1068).

Abdel-Saheb J.A., Schwab A.P., Banks M.K., Hetrick B. A chemical characterization of heavy metal contaminated soil transect in South east Kansas. *Amer. Soc. Agron. Annu. Meet.* 2014. Minneapolis, 1992. P. 1-5

Parmesan C. Ecological and evolutionary responses to recent climate change // *Annu. Rev. Ecol. Evol. S.* – 2016. – Vol. 37, No 12. – P. 637–669.

Dabkowska- Naskrt H. , Jaworska H. , Długosz J. . Assessment of the Total Nickel Content and its Available Forms in the Soils Around Cement Plant Lafarge Poland. *Int J Environ Res.* 2014;8(1):231–6.

EL-Bady MSM. Spatial Distribution of some Important Heavy Metals in the Soils South of Manzala Lake in Bahr El-Baqar Region, Egypt. *Nova J Eng Appl Sci.* 2014;2(3):1–15.

Sayadi MH, Shabani M, Ahmadpour N. Pollution Index and Ecological Risk of Heavy Metals in the Surface Soils of Amir-Abad Area in Birjand City, Iran. *Health Scope.* 2015;4(1):1–5. doi: 10.17795/jhealthscope-21137.

Shivaran S (2014) Measures to Contain Pollution Caused Due to Cement Production. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering* 4: 135-140.

Khwedim K, Meza-Figueroa D, Hussien LA, Del Río-Salas R. Trace metals in topsoils near the Babylon Cement Factory (Euphrates River) and human health risk assessment. *Environ Earth Sci.* 2015;74(1): 665–73. doi: 10.1007/s12665-015-4071-x

Eisa Solgi., Hadi Khodabandelo. Cadmium and Lead Disruption in Soils Around the Hegmatan Cement Factory, Iran Eisa Solgi, and Hadi Khodabandelo// *Health Scope.* 2016 May; 5(2):e34184. doi: 10.17795/jhealthscope-34184// vol. 7

References

Abdel-Saheb J.A., Schwab A.P., Banks M.K., Hetrick B. A chemical characterization of heavy metal contaminated soil transect in South east Kansas. *Amer. Soc. Agron. Annu. Meet.* 2014. Minneapolis, 1992. P. 1-5

Dabkowska- Naskrt H. , Jaworska H. , Długosz J. (2014) Assessment of the Total Nickel Content and its Available Forms in the Soils Around Cement Plant Lafarge Poland. *Int J Environ Res.*, vol. 8 (1), pp.231-6.

Eisa Solgi., Hadi Khodabandelo. (2016) Cadmium and Lead Disruption in Soils Around the Hegmatan Cement Factory, Iran Eisa Solgi, and Hadi Khodabandelo. *Health Scope.*, vol. 5(2), e34184. doi: 10.17795/jhealthscope-34184//vol. 7

EL-Bady MSM. (2014) Spatial Distribution of some Important Heavy Metals in the Soils South of Manzala Lake in Bahr El-Baqar Region, Egypt. *Nova J Eng Appl Sci.*; vol. 2(3), pp. 1-15.

Gazeta LADA. Novosti Aktau. “Nasha missiya sohranit’ prirodu”. Mezhdunarodnyj konkurs The Quarry Life Award. Proekt: Kenzhetaev G.ZH. “Ekologicheskie aspekty snizheniya negativnogo i povysheniya polozhitel’nogo vozdeystviya na biologicheskoe raznoobrazie v processe vosstanovleniya mestorozhdeniya mela SHetpe YUzhnoe”. Aktau. 20.11.2014.

GOST 17.4.4.02-84. Oхрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовка проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа.

Kenzhetaev G. Zh., Suleimenova N.Sh., Permyakov V.N., Nurbayeva F.K. (2014) Investigation into the Physico-Chemical Properties of Soils of Caspian Sea Coastal Area in Mangystau Province. *ORIENTAL JOURNAL OF CHEMISTRY*, December 2014. ISSN: 0970-020 X CODEN: OJCHEG, vol. 30, No. (4), pp. 1631-1638.

Khwedim K, Meza-Figueroa D, Hussien LA, Del Río-Salas R. (2015) Trace metals in topsoils near the Babylon Cement Factory (Euphrates River) and human health risk assessment. *Environ Earth Sci.*, vol. 74(1), pp. 665–73. doi: 10.1007/s12665-015-4071-x.

Методика выполнения измерения массовой концентрации цинка, кадмия, меди, свинца в пробах почв молюсками методом с электротермической атомизацией на атомно-абсорбционном спектрометре «МГА –915». Свид-во № 224.04.05.001/2009. Шифр РК 04-25-2001.

О состоянии экологической обстановки в Mangistauskoj oblasti i istochnikah ego zagryazneniya. Management of Natural Resources and Environmental Management of Mangistau region. Aktau, 2015, 62 p.

Parmesan C. (2016) Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annu. Rev. Ecol. Evol. S.*, vol. 37, No 12, pp. 637-669

Sayadi MH, Shabani M, Ahmadpour N. (2015) Pollution Index and Ecological Risk of Heavy Metals in the Surface Soils of Amir-Abad Area in Birjand City, Iran. *Health Scope.*, vol. 4(1), pp. 1–5. doi: 10.17795/jhealthscope-21137.

Semendyaeva N.V. *Metody issledovaniya pochv i pochvennogo pokrova: uchebnoe posobie* (2015) N.V. Semendyaeva, A.N. Marmulev, N.I. Dobrotvorskaya; Novosibirskij. gos. agrar. un-t, SibNIIZiH. – Novosibirsk: Izdatel'stvo NGAU, 202 s.

Shivaran S (2014) Measures to Contain Pollution Caused Due to Cement Production. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, vol. 4, pp. 135-140.

Vodyanickij YU.N. (2015) Ob opasnyh tyazhelyh metallah/metalloidah v pochvah. *Byulleten' Pochvennogo instituta V.V. Dokuchaeva.*, No. 68, pp. 56-82.

Zhidebayeva A, Kenzhetayev G, Samal Syrlybekkyzy, Aitimova A, Suleimenova B, Janaliyeva N. (2018) Studying state of soils in South shetpe chalk deposit. *EEC-EM – Ecology, Environment and Conservation (0971765X-India-Scopus)*, 03, 385758. ISSN 0971–765X. (0971765 X-India-Scopus), 03, 385758., vol. 24 (3), pp. (1065-1068).