

¹Кадирбекова А.А., ²Оспанова А.С., ¹Казова Р.А., ³Ленчке Я.

¹Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И. Сатпаева, Казахстан, г. Алматы

²ЧУ Политехнический колледж корпорации «Казахмыс», Казахстан, г. Балхаш

³Берлинский университет Гумбольдта, Германия, г. Берлин

*e-mail: zhaku84@mail.ru

ХИМИКО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ЦЕХА БАЛХАШСКОГО ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА (БГМК) НА СОСТОЯНИЕ ПОЧВЫ

Воздействие металлургического предприятия на окружающую среду отличается интенсивностью, разнообразием и значительными масштабами. Интенсивность антропогенного давления на экосистему в горно-металлургическом комплексе негативно влияет на экологическое равновесие. В связи с этим, актуально своевременное выявление и оценка очагов деградации и опустынивания почвенного покрова, изучение геоэколого-генетических показателей, разработка научных основ реабилитации и охраны нарушенных земель, разработка экологически чистых технологий для обезвреживания и утилизации отходов.

Цель работы – изучить состояние территории медного производства для выявления воздействия предприятия на литосферу.

В статье показано состояние воздействия геотехнической системы (ГТС) на почвенный покров. В процессе эксплуатации месторождений, транспортировки сырья выявлено загрязнение почвенного покрова и окружающей среды выбросами в атмосферу, засоления литосферы минерализованными промышленными сточными водами, загрязнение почвы складированными на площадках вскрышными породами, мелкими фракциями сырья и др.

Использован метод симплекс-решетчатого планирования взаимодействия в многокомпонентных системах с построением по матрице полной диаграммы «состав – свойство».

Разработана методика изучения концентрации солей в процессе засоления почвы. Приведены результаты химико-аналитического изучения содержания загрязнителей, данные симплекс-решетчатого планирования воздействия солевых компонентов на почву с получением диаграммы «состав – свойство» системы $\text{NaCl}(X_1) - \text{MgSO}_4(X_2) - \text{CaSO}_4(X_3)$. Установлено, что наибольшая степень засоления почвы при соотношении компонентов $\text{NaCl}(X_1) - \text{MgSO}_4(X_2) - \text{CaSO}_4(X_3) = 10:60:30$. В области обогащенной сульфатами степень засоления почвы (до 99,8%), в то время как в «хлоридном углу» степень засоления ниже (до 70-80%). Снижение степени засоления в области хлоридов обусловлено большей растворимостью хлоридов щелочных металлов (в частности хлорида натрия) и более интенсивной растворимостью хлоридов в сравнении с сульфатами.

Практическая ценность заключается в разработке рекомендаций по снижению засоленности литосферы путем исследования системы природных минералов галлит – NaCl , сульфат магния MgSO_4 и сульфат кальция CaSO_4 .

Основные результаты получены в полевых испытаниях на территории медеплавильного цеха БГМК, которые подтвердили данные лабораторных исследований.

Ключевые слова: почва, система, засоление, моделирование, ландшафт, загрязнители.

¹Kadirbekova A.A., ²Ospanova A.S., ¹Kazova R.A., ³Lentschke J.

¹Kazakh National Research Technical University after K.I. Satpaev, Kazakhstan, Almaty

²Politechnic college of Corporation Kazakhmys, Kazakhstan, Balkhash

³Humboldt University of Berlin, Germany, Berlin,

*e-mail: zhaku84@mail.ru

Chemical-analytical study of the impact of the cooper-smelting section of Balkhash mining-metallurgical combine on the condition of the soil

The impact of the metallurgical enterprise– the copper-smelting section of the Balkhash mining-metallurgical combine (BMMC) on environment are characterized by intensity, diversity and significant scales. Intensity of anthropogenic pressure on ecosystem in mining and smelting complex has negative impact on ecological balance. Due to this fact, identifying and evaluating foci of degradation is relevant. Also, desertification of soil cover, researching geoecological-genetic indexes, creating scientific bases of rehabilitation and protecting disturbed lands, creating ecologically clear technologies for detoxification and utilization of wastes is important.

The aim of the work is to research the condition of the copper production territory for identifying the impact of the production on lithosphere.

Article shows the condition of the impact of geotechnical system (GTS) on lithosphere. There is a pollution of soil cover and environment, salinization of lithosphere with mineralized industrial wastewater and contamination of soil stores on sites by overburden, small fractions of raw materials during the process of exploitation of deposits, transportation of raw materials.

Methods of simplex-lattice planning of interaction in polycomponental systems with building the full diagram «composition-property» by matrixes were used.

Method of researching the concentration of salts during the salinization of soil cover was created. Results of chemico-analytical researching of the concentration of pollutants and the data of simplex-lattice planning of interaction of salt components on soil cover with getting the diagram «composition-property» of system $\text{NaCl} (X_1) - \text{MgSO}_4 (X_2) - \text{CaSO}_4 (X_3)$ were got. It is identified that the highest degree of salinization occurs during the ratio of components $\text{NaCl} (X_1) - \text{MgSO}_4 (X_2) - \text{CaSO}_4 (X_3) = 10:60:30$. In sulfat-enriched area degree of salinity is the highest (up to 99.8%), whereas in «chloride angle» degree is lower (up to 70-80%). Decrease of the salinity degree in chloride area is caused by huge solubility of alkali metal chlorides (especially chloride of sodium) and huge intensive washout of chlorides in comparison with sulfates.

Practical value is about giving recommendations on decreasing the salinity of lithosphere by researching the systems of natural minerals halite – NaCl , sulfat of magnesium MgSO_4 and sulfat of Calcium CaSO_4 .

The main results were got in field trials in the area of mining and smelting enterprise, that proved the data of laboratory experiments.

Key words: soil, system, salinization, modeling, landscape, pollutants.

¹Кадирбекова А.А., ²Оспанова А.С., ¹Казова Р.А., ³Ленчке Я.

¹Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

²ЖМ «Қазақмыс» корпорациясының политехникалық колледжі, Қазақстан, Балқаш қ.

³Гумбольдт атындағы Берлин университеті, Германия, Берлин қ.

e-mail: zhaku84@mail.ru

Балқаш тау-кен металлургиялық комбинатының мыс балқыту цехының топырақ күйіне әсерін химиялық-аналитикалық тәсілмен зерттеу

Металлургиялық өндірістің қоршаған ортаға әсері қарқындылығымен, алуантүрлілігімен және үлкен масштабымен ерекшеленеді. Тау-кен металлургиялық кешенінің экожүйесіне антропогенді қысымның қарқындылығы экологиялық тепе-теңдікке жағымсыз әсер етеді. Осыған байланысты, топырақ қабатының тозуы мен босаңсу көздерін бағалау мен уақытында анықтау, геоэкологиялық-генетикалық көрсеткіштерін зерттеу, бүлінген жерлерді қалпына келтіру мен қорғаудың ғылыми негіздерінің әзірлемесі, қалдықтарды жою мен қайта өңдеуге арналған экологиялық таза технологиялардың әзірлемесі өзекті мәселе болып табылады.

Жұмыстың мақсаты – кәсіпорынның литосфераға әсерін анықтау үшін мыс өндірісі аумағының күйін зерттеу.

Мақалада геотехникалық жүйенің литосфераның топырақ қабатына тигізетін әсері көрсетілген. Кен орындарын пайдалану үрдісінде шикізатты тасымалдау топырақ қабатының бүлінуіне, атмосфераға тастанды газдардың шығуына, литосфераның өндірістік ағынды сулармен тұздануына, топырақтың қоймаланған бос жыныстармен және шикізаттың ұсақ фракцияларымен ластануына әкеліп соғады.

«Құрам-қасиет» толық диаграмма матрицасы бойынша құрылған көп компонентті жүйелерде симплексті-торлы жоспарлау әдісі қолданылған.

Топырақтың тұздану үрдісіндегі тұздардың концентрациясын әдістемесі құрастырылған. Поллютанттардың құрамын зерттеуде химиялық-аналитикалық нәтижелері, $\text{NaCl}(X_1) - \text{MgSO}_4(X_2) - \text{CaSO}_4(X_3)$ жүйелері «құрам-қасиет» диаграммасын алу арқылы, тұзды құрамдардың топыраққа әсерін симплексті-торлы жоспарлау деректері көрсетілген. $\text{NaCl}(X_1) - \text{MgSO}_4(X_2) - \text{CaSO}_4(X_3) = 10:60:30$ құрамдарының арақатынасында тұзданудың ең жоғарғы деңгейі анықталған. Сульфаттармен байытылған аймақта тұздану деңгейі жоғары (99,8% дейін), сонымен қатар хлорлану бұрышында тұздану деңгейі төмен (70-80% дейін). Хлоридтер аумағында тұздану деңгейінің төмендеуі сілтілік металдардың хлоридтерінің жақсы ерігіштігіне негізделген (осы жағдайда натрий хлориді) және сульфаттармен салыстырғанда хлоридтердің шайылғыштығының қарқындылығы жоғары.

Берілген жұмыстың тәжірибелік құндылығы табиғи минералдар галлит – NaCl , магний сульфаты MgSO_4 және кальций сульфаты CaSO_4 жүйесін зерттеу жолымен литосфераның тұздану деңгейінің төмендеуі бойынша ұсыныс болып табылады.

Негізгі нәтижелер Балқаш тау-кен кәсіпорны территориясында тұздік сынақтар бойынша алынған, ол нәтижелер зертханалық зерттеулермен расталады.

Түйін сөздер: топырақ, жүйе, тұздану, модельдеу, ландшафт, поллютанттар.

Введение

Воздействие освоения месторождений полиметаллических руд на окружающую среду отличается интенсивностью, разнообразием и значительными масштабами (Казова, 2012:342-344; Dewulf, 2005: 419-432). В процессе разработки и эксплуатации месторождений, транспортировки сырья имеет место загрязнение почвенного покрова и окружающей среды выбросами в атмосферу, засоление минерализованными промышленными сточными водами, складированными на площадках вскрышными породами, мелкими фракциями сырья и др. Масштабы и интенсивность антропогенного давления на экосистему в горно-металлургическом комплексе негативно влияют на экологическое равновесие (Tvans, 1974:274-296). В этой связи актуально своевременное выявление и оценка очагов деградации и опустынивания почвенного покрова, изучение геоэколого-генетических показателей, разработка научных основ реабилитации и охраны нарушенных земель, разработки экологически чистых технологий для обезвреживания и утилизации отходов (Чередниченко, 1997:192-202; Чигаркин 2000:224).

Необходимо совершенствовать техники и технологии для предупреждения и снижения отрицательного воздействия на окружающую среду работ по добыче и переработке металлургического сырья, актуальны вопросы детального изучения состояния природной среды в районе месторождения и промышленного предприятия, выявление факторов негативного воздействия (Novinski, 2007:555-558; Kanatschnig, 2004:202-208).

Обзор литературных источников по охране окружающей среды на промышленных предприятиях показал, что недостаточно сведений по изучению засоленности почв, выявлению загрязнения методами моделирования воздействия поллютантов на литосферу (Liu, 2002:201-207; Keijzers, 2002:349-359).

На основе полевых и лабораторных эколого-аналитических исследований изучены химические свойства загрязненных и нарушенных земель. Это позволило оценить современное экологическое состояние территории.

Необходимо определить соответствие значений засоленности закономерности изменения состояния почв геотехнической системы, включающей промышленную площадку медеплавильного цеха БГМК, выявить закономерности изменения засоленности почв во времени: установлено, что наиболее сильно влияющие компоненты – ион кальция Ca^{2+} , сульфаты $[\text{SO}_4^{2-}]$, хлор-ион $[\text{Cl}^-]$, ион магния Mg^{2+} ; методом симплекс-решетчатого планирования выполнен диаграммный анализ системы $\text{NaCl} - \text{MgSO}_4 - \text{CaSO}_4$ при $t^0 - 25^0 \text{C}$, наибольшая степень засоленности (до 99,7%) находится области с преобладанием сульфатов. Методом симплекс-решетчатого моделирования взаимодействия в системе $\text{NaCl} - \text{MgSO}_4 - \text{CaSO}_4$ изучено воздействие предприятия на засоленность почвы на ареале медеплавильного завода БГМК, применен метод идентификации минеральных компонентов системы $\text{NaCl} - \text{MgSO}_4 - \text{CaSO}_4$, расчеты кристаллохимических формул минералов (Казова, 2012:257-259; Гилянская, 1975:7-63).

Характеристика состояния окружающей среды

Физико-географическая характеристика территории геотехнической системы (ГТС)

По агротехническим характеристикам (Чигаркин, 2000:224), территория геотехнической системы (ГТС) медеплавильного производства и комбината не пригодна для использования в сельском хозяйстве, что подтверждается, в том числе, исследованиями Института почвоведения Национальной Академии Наук (НАН).

Особенности геолого-геоморфологического строения обуславливает континентальный тип климата. Недостаток увлажнения, сравнительно высокий температурный фон способствуют формированию здесь полупустынных типов ландшафтов (Джаналеева, 2001:163; Белов, 1986:344; Иванова, 1974:399).

Питание грунтовых вод происходит за счёт инфильтрации атмосферных осадков и частично – конденсации водяных паров. Разгрузка идет в соровые понижения и в нижележащий водоносный горизонт хвалынских отложений.

Наличие хорошей аккумулярующей среды и неровный барханный рельеф способствуют формированию в песчаных массивах значительного количества подземных вод. Они обычно приурочены к мелко-, тонкозернистым, местами глинистым пескам, с прослоями супесей и суглинков (Dewulf, 2005: 419-432).

Благодаря наличию хорошей аккумулярующей среды, в золотых песках создаются естественные условия для формирования грунтовых вод. Отсутствие водоупорных пород способствует смешиванию пресных вод песчаных отложений с солеными водами нижележащих хвалынских отложений.

По химическому составу карбонатов, сульфатов, хлоридов встречаются воды самых различных типов: от гидрокарбонатных и гидрокарбонатно-хлоридных натриевых до хлоридных натриево-магниевых, вплоть до хлоркальциевых рассолов в зоне разгрузки глубинных вод (Novosielski, 2007:99-102; Neuman, 1953:1-10).

Оценка качества подземных вод для питья определяется содержанием биогенных соединений, которые содержатся в следующих пределах:

нитраты – от 1 до 3,8 мг/л;
нитриты – от 0,02 до 0,4 мг-экв/л;
величина общей жесткости – 2,5 – 6,8 мг/л;
карбонатной – 2,0 – 2,7 мг-экв/л.

При увеличении минерализации жесткость воды увеличивается до 2-15 мг-экв/л. Тяжелые металлы, как правило, отсутствуют или содержатся в ничтожных количествах. Характерно слабое развитие растительности (Dekkers, 2003:385-393).

Почвенно-растительный покров промышленной зоны соответствует полупустынной территории, самыми распространенными почвами являются солончаки корково-пухлые (Mueller 1964:267-269).

Описываемая промышленная площадка геотехнической системы медеплавильного цеха относится к равнинному классу ландшафтов, в пределах которого выделен один подкласс относительно опущенных равнин. По характеру биоклиматических показателей ареал БГМК относится к пустынному типу ландшафтов.

Пустынный тип ландшафта занимает всю территорию участка и формируется на аккумулятивной морской равнине и эоловой бугристо-грядовой равнине. Абсолютные высоты составляют от 10 до 30 м. Это связано, в первую очередь, с развитием геолого-геоморфологического фундамента (Перельман, 2000:764).

Глубина залегания грунтовых вод находится в пределах 0,5 – 4 м. Грунтовые воды сильно минерализованы (до 150 – 180 г/л), обуславливая различие и характер почвенно-растительного покрова и разнообразие ландшафтов.

Почвенный покров представлен серо-бурым (бурым) типом почв в комплексе с солончаками и солонцами (Vevela, 2001:519-549).

Исследование почв в районе геотехнической системы

Выполнены химико-аналитические исследования почв в районе ГТС по границе горного отвода месторождения. Во всех образцах грунта определили содержание щелочно-земельных металлов (Ca, Mg), щелочных металлов (Na, K), а также хлорида (Cl⁻) и сульфатов (SO₄²⁻) и величину pH. Средняя концентрация элементов из верхних интервалов скважины не отличалась от проб поверхностного слоя почвы (в подошве разрезе первого метра). Возрастание содержания легкорастворимых солей объясняется усилением промачивания почв и, как следствие, промываемости почв (таблица 1). За этот период засоленность возросла на 2,5%.

Как видно из таблицы 1, наблюдается наибольшее загрязнение почв хлоридами, кальциевым ионами и сульфатами за период 2012-2014 г.г.

Таблица 1 – Содержание солей в бурых солонцеватых почвах (глубина забора пробы во всех экспериментах – 20 см)

Параметры	Содержание, мг/100г	
	2012 г.	2014 г.
Калий (Kalium) [K ⁺]	12,32 см	13,40
Магний (Magnesium) [Mg ²⁺]	20,66	22,70
Натрий (Natrium) [Na ⁺]	68,97	69,17
Хлор-ион (Chloride) [Cl ⁻]	125,57	127,60
Кальций (Calcium) [Ca ²⁺]	236,47	242,38
Сульфаты (Sulphate) [SO ₄ ²⁻]	662,	670.40
Сумма солей	912,00	942,47

Засоление почв оценивается: по глубине расположения верхней границы солевого горизонта; по составу солей (химизму засоления); по степени засоления; по процентному участию засоленных почв в почвенном контуре.

По глубине верхней границы солевого горизонта выделяются: засоленные почвы, содержащие соли в верхнем метровом слое почвенного профиля и глубоко засоленные – верхние границы засоленного горизонта расположены во втором метре. Потенциально засоленные содержат легкорастворимые соли на глубине 2–5 м, то есть в почвообразующих и подстилающих породах.

По составу солей (химизму) почвы делятся на преимущественно хлоридные, преимущественно сульфатные и содовые (с участием или преобладанием гидрокарбонатов или карбонатов натрия). Наиболее токсичным является содовое засоление.

Аналитические данные устанавливают засоление уже в верхнем горизонте данных почв, где наблюдается более 1% легкорастворимых солей, причем с глубиной содержание солей увеличивается, достигая в суглинистых и глинистых прослойках 8%, по плотному остатку. По типу засоления это сульфатно-хлоридные солончаки. Отношение Cl/SO₄ больше единицы. Из двухвалентных катионов магний преобладает над кальцием. Почвы карбонатные, обладают щелочной средой (pH 9.25) почвенного раствора (Казова, 2013:40-45).

Разработана методика исследования систем, включающая природные минералы (галлит – NaCl, сульфат магния MgSO₄ и сульфат кальция CaSO₄). Изучение взаимодействия в подобных многокомпонентных системах ставит целью по-

лучение полной диаграммы «состав-свойство»: степень засоления.

Известно (Новик, 1967:840-847; Казова, 1990:3-7), что построение многокомпонентных систем «состав – свойство» связано с большим объемом экспериментальных работ. Такие системы можно изучить методом математического моделирования: состав q-мерной системы задается (q–n)-симплексом, и функция, описывающая влияние состава на свойства системы, может быть выражена полиномом некоторой степени от значений независимых переменных X₁, X₂,...,X_n и где X_n – количество n-го компонента в смеси. Для случая, когда свойство системы (например, степень реагирования, прочность образцов и др.) зависит от состава смеси, а не от ее количества, то экспериментальные точки располагаются, по так называемым симплексным решеткам (Sheffe, 1958:102-108; Ким, 1980:167-172; Новик, 1967:840-847).

Симплекс-решетчатые планы являются насыщенными, т.е. содержат минимальное возможное число экспериментальных точек, необходимых для оценки коэффициентов полиномов. Поэтому адекватность полученных моделей оценивается по дополнительным контрольным точкам, выбор которых произволен: обычно их располагают на тех участках диаграммы, изучаемое свойство в которых и представляет наибольший интерес для экспериментатора, либо выбор их основан на возможности использования опытных данных для построения модели более высокого порядка (Kazova, 2014:147-151; Казова, 2012:498-473).

Адекватность описания исследуемого свойства полученной модели в некоторой точке симплекса оценивается разностью:

$$\Delta Y = Y_{\text{экс}} - Y_{\text{расч}}$$

где Y_{экс} – экспериментальное значение свойства; Y_{расч} – значение свойства, полученное по модели.

Принята регламентированная сумма независимых переменных $\sum X_n = 1$. Тогда в рассматриваемых системах изучаемое свойство – степень засоленности зависит от состава смеси, но не от ее количества (Kadirbekova, 2015:169-174).

Таким образом, составлена матрица планирования, в которой независимые переменные X₁, X₂,...,X_n представляют собой компоненты этой системы (таблица 2). Для изучаемой 3-компонентной системы рассчитали модель четвертой степени.

Для изучаемой 3-компонентной системы находили модель четвертой степени по приближению. Модель четвертой степени (Saxena, 1976:643-645;

Чемлева, 1989:191-208; Новик, 1967:840-847), описывающая влияние состава на степень засоления образцов в системе NaCl-MgSO₄-CaSO₄ имеет вид:

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 + y_{12} + X_1 X_2 (X_1 - X_2) + y_{13} X_1 X_3 (X_1 - X_3) + y_{23} X_2 X_3 (X_2 - X_3) + a_{12} X_1 X_2 (X_1 - X_2)^2 + a_{13} X_1 X_3 (X_1 - X_3)^2 + a_{23} X_2 X_3 (X_2 - X_3)^2 + \beta_{1123} X_1^2 X_2 X_3 + \beta_{1223} X_1 X_2^2 X_3 + \beta_{1233} X_1 X_2 X_3^2$$

В результате выполнения экспериментов получены значения степени засоления образцов при изучаемой температуре. Составлена матрица планирования, в которой независимые пере-

менные X₁, X₂, X₃ представляют собой компоненты системы (таблица 2).

Нами изучено взаимодействие в системе NaCl – Mg SO₄ – CaSO₄, при температуре 25⁰C.

Таблица 2 – Матрица планирования системы NaCl-MgSO₄-CaSO₄

Номера опытов	Состав смеси						Индекс коэффициента Y _{1...n}	Степень засоления %
	доли единиц			концентрация компонента в массовых процентах, масс. %				
	X ₁	X ₂	X ₃	NaCl	MgSO ₄	CaSO ₄		
1	1	0	0	100	0	0	Y ₁	70,0
2	0	1	0	0	10	0	Y ₂	90,2
3	0	0	1	0	0	100	Y ₃	91,2
4	½	½	0	50	50	0	Y ₁₂	91,8
5	½	0	½	50	0	50	Y ₁₃	89,3
6	0	½	½	0	50	50	Y ₂₃	92,5
7	¾	¼	0	75	25	0	Y ₁₁₁₂	95,9
8	¼	¾	0	25	75	0	Y ₁₂₂₃	92,0
9	¾	0	¼	75	0	25	Y ₁₁₁₃	91,0
10	¼	0	¾	25	0	75	Y ₁₃₃₃	96,9
11	0	¾	¼	0	75	25	Y ₂₂₂₃	97,8
12	0	¼	¾	0	25	75	Y ₂₃₃₃	98,0
13	½	¼	¼	50	25	25	Y ₁₁₂₃	97,9
14	¼	½	¼	25	50	25	Y ₁₂₂₃	98,9
15	¼	¼	½	25	25	50	Y ₁₂₃₃	99,0

На диаграмме, построенной методом симплексных решеток, нанесены изотермические кривые степени засоленности с выявлением областей образования наиболее засоленных почв (рисунок 1).

Наибольшая степень засоления достигается при соотношении компонентов X₁ : X₂ : X₃ =10:60:30

(рисунок 1). В области, обогащенной сульфатами MgSO₄ и CaSO₄, степень засоления наибольшая (до 99,8%): в то время как в «углу» сульфата кальция степень ниже (до 70-80%), что обусловлено большей растворимостью NaCl более интенсивной растворимостью хлорида натрия в сравнении с сульфатами магния и кальция.

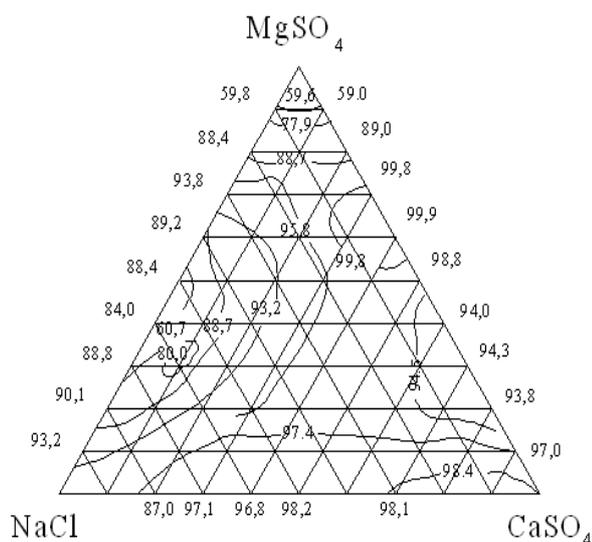


Рисунок 1 – Изотермический разрез системы NaCl-MgSO₄-CaSO₄

Диаграмма «состав-свойство» построена по компьютерной программе «Triangle – Simplex Lattice» (Kadirbekova, 2015:169-174). Рисунок создан по программе компьютерной графики, в программу введены реперные точки.

Выводы

1. По результатам анализов химико-аналитической лаборатории БГМК засоление наблюдается более 1% легкорастворимых солей, уже в верхнем горизонте почв. Отношение CuSO₄/MgSO₄ больше единицы. Из двухвалентных катионов магний преобладает над кальцием. Почвы карбонатные, обладают щелочной реакцией (pH 9.25) почвенного раствора.

2. На диаграмме NaCl-MgSO₄-CaSO₄, построенной методом симплексных решеток, нанесены изотермические кривые степени засоленности с выявлением областей образования наиболее засоленных почв.

3. Наибольшая степень засоления достигается при соотношении компонентов NaCl(X₁):MgSO₄(X₂):CaSO₄(X₃)=10:60:30. В области, обогащенной сульфатами магния и кальция степень засоления наибольшая (до 99,8%), в то время как в области диаграммы, содержащей хлориды, степень засоления почвы ниже (до 70-80%), что обусловлено большей растворимостью хлорида натрия в сравнении с сульфатами магния и кальция и более интенсивной вымываемостью хлорида натрия в сравнении с сульфатами магния и кальция.

Литература

- 1 Казова Р.А., Кадирбекова А.А. и др. (2012) Анализ экологической статистики предприятий при оценке воздействия на окружающую среду //Сборник трудов «Информационные и телекоммуникационные технологии: образование, наука, практика», Т.1. – Алматы. – С. 342-344
- 2 Dewulf J., Van Langenhove H. (2005) Integrating industrial ecology principles into a set of environmental sustainability indicators for technology assessment. Resources Conservation and Recycling, p.419-432
- 3 Tvans B.W., Trommsdorff V. (1974) Stability of enstatite+talk and – metamorphism of metaperiodonine // J. Amer. sci., 272, PP. 274-296
- 4 Чередниченко В.С., Стороженко Н.Д. и др. (1997) К оценке влияния хвостохранилища Соколовско-Сарбайского обогатительного объединения на окружающую среду //Гидрометеорология и экология. – № 2. – С. 192-202.
- 5 Чигаркин А.В. (2000) Региональная геоэкология Казахстана. Алматы: Казак университети. – С. 224.
- 6 Novinski R., Spika M., Kania A. (2007) Strategies of sustainable development in practice, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, 20, p.555-558
- 7 Kanatschnig D., Rassel K., Strigl A. (2004) Guidelines: Reporting about Sustainability – 7 steps to a Successful Sustainability Report, Wien, Austria, p.202-208
- 8 Liu F., Zang H., Wu P., Cao H.J. (2002) A model for analyzing the consumption situation of product material resources in manufacturing systems. Journal of materials Processing Technology, p, 201-207
- 9 Keijzers G. (2002) The transition to the sustainable enterprise // Journal of Cleaner Production, p.349-359
- 10 Казова Р.А. (2012) Техносфера металлургических производств и экологическая безопасность //Сборник докладов Международной научно-практической конференции «Горное дело и металлургия в Казахстане. Состояние и перспективы». – Алматы. – С. 257-259
- 11 Гилянская Л.Г., Щербакова М.Я. (1975) Изоморфные замещения и структурные нарушения в апатите по данным ЭПР. – Новосибирск: Наука. Вып.50. В кн.: Физика апатита, с. 7-63.
- 12 Джаналеева К.М. (2001) Антропогенное ландшафтоведение. – Алматы: Казак университети. – С. 163.
- 13 Белов Н.В. (1986) Очерки по структурной минералогии. – М., Недра. – С. 344.
- 14 Иванова В.П., Касатов Б.К. и др. (1974) Термический анализ минералов и горных пород. – Л.: Недра. – С. 399.
- 15 Novosielski R., Kania A., Spika M. (2007) Indicators of technological processes environmental estimation // Journal of Achievements in minerals and Manufacturing Engineering. Vol.22, issue 2, p.99-102

- 16 Neuman W. F., Veuman M.W. (1953) The nature of the mineral phase of bone // *Chem. Rev.'s.*, V. 53, p. 1-10.
- 17 Dekkers R. (2003) Strategic capacity management: meeting technological demands and performance criteria. *Journal of materials Processing Technology*, p.385-393
- 18 Mueller R.F. (1964) Analysis of relations among Mg, Fe, Mn in certain metamorphic minerals // *Geohim. Cosmochim. Acta*. 25. pp. 267–269
- 19 Перельман А.И., Касымов Н.С. (2000) Геохимия ландшафта. – М.: Астрей. – С. 764
- 20 Vevela V., Ellrnbecker M. (2001) Indicators of sustainable production: framework and methodology // *Journal of Cleaner Production*, p.519-549
- 21 Казова Р.А., Кадирбекова А.А. и др. (2013) Воздействие техногенеза на устойчивость экосистемы урбанизированной территории // Сборник трудов II Международной научной конференции «Высокие технологии-залог устойчивого развития». – Алматы. – С. 40-45.
- 22 Новик Ф.С., Минц Р.С., Малков Ю.С. (1967) Применение метода симплексных решеток для построения диаграмм состав-свойство // *Заводская лаборатория*. – т. 33. – №7. – С. 840-847.
- 23 Казова Р.А. (1990) Исследование взаимодействия в системе $\text{Ca}_{10}[\text{PO}_4]_6\text{F}_2\text{-SiO}_2\text{-CaMg}(\text{CO}_3)_2\text{-CaAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$ симплекс решетчатого планирования // *Изв.АН КазССР. Сер.химич.*, №1, , с.3-7
- 24 Sheffe H. (1958) Experiments with mixtures // *V.Roy.State Soc.. Ser.B*, p.102-108
- 25 Ким В.А., Акбердин А.А., Куликов И.С. (1980) Использование метода симплексных решеток для построения диаграмм типа состав-свойство // *Изв.ВУЗов: Черная металлургия*. – №9. – С. 167-172.
- 26 Новик Ф.С., Минц Р.С., Малков Ю.С. (1967) Применение метода симплексных решеток для построения диаграмм состав-свойство // *Заводская лаборатория*. – №8. – С. 840-847.
- 27 Kazova R., Kadirbekova A., Lentschke J., Tolepbaeva A. (2014) Mathematical planning of influence of enterprise on condition of soil // VIII International of Beremzhanov Forum «Chemistry and chemical technology». – Ust-Kamenogorsk. – Part 2. – Pp.147-151.
- 28 Казова Р.А. (2012) Моделирование взаимодействия в многокомпонентных системах при экообосновании технологий // *Труды Бизнес-конференции «20 лет информатизации в Республике Казахстан: статус, инновации, управление развитием»*. – Алматы. – С. 498-473.
- 29 Kadirbekova A., Tolepbaeva A., Kazova R., Lentschke J. (2015) The physical-chemical and technological fundamentals of industrial waste recycling of the industrial enterprises' (technosphere. Ecology. Environment and Conservation 21 (November Suppl.). pp.169-174
- 30 Saxena S.K., Chose S. (1976) Order-disorders and the thermodynamics of the orthopyroxene crystalline solutions // *Amer. Mineral.* 61, p. 643 – 645
- 31 Чемлева Т.А., Микемина Н.Г. (1989) Применение симплекс-решетчатого планирования при исследовании диаграмм состав-свойство // В сб. «Новые идеи в планировании эксперимента». – М.: Наука. – С. 191-208.

References

- 1 Belov N.V. (1986) *Ocherki po strukturnoj mineralogii [Essays on structural mineralogy]*. М., Nedra, s.344
- 2 Chemleva T.A., Mikemina N.G. (1989) *Primenenie simpleks-reshetchatogo planirovaniya pri issledovanii diagramm sostav-svoystvo [Application of the simplex-lattice planning at research of diagrams composition-property]* // В сб. «Novye idei v planirovanii ehksperimenta». М.:Наука, s.191-208
- 3 Cherednichenko B.C., Storozhenko N.D.i dr. (1997) *K ocnke vliyaniya hvostohranilishcha Sokolovsko-Sarbjaskogo obogatitel'nogo obvedineniya na okruzhayushchuyu sredu [To the estimation of influence of хвостохранилища Соколовско-Сарбайского of concentrating association on an environment]* // *Gidrometeorologiya i ehkologiya*. № 2, s.192-202
- 4 Chigarkin A.V. (2000) *Regional'naya geoehkologiya Kazahstana [Regional geoecology of Kazakhstan]*. Almaty: Kazak universiteti, s.224
- 5 Dekkers R. (2003) Strategic capacity management: meeting technological demands and performance criteria. *Journal of materials Processing Technology*, p.385-393
- 6 Dewulf J., Van Langenhove H. (2005) Integrating industrial ecology principles into a set of environmental sustainability indicators for technology assessment. *Resources Conservation and Recycling*, p.419-432
- 7 Dzhanaleeva K.M. (2001) *Antropogennoe landshaftovedenie*. Almaty: Kazak universiteti, s.163
- 8 Gilinskaya L.G., Sherbakova M.YA. (1975) *Izomorfnye zameshcheniya i strukturnye narusheniya v apatite po dannym EHPR [Isomorphic substitutions and structural violations in an apatite from data of EPR]*. Novosibirsk: Nauka. Vyp.50. V kn.: Fizika apatita, s. 7-63.
- 9 Ivanova V.P., Kasatov B.K.i dr. (1974) *Termicheskij analiz mineralov i gornyh porod [Technical analysis of minerals and mountain breeds]*. L., Nedra, s.399
- 10 Kadirbekova A., Tolepbaeva A., Kazova R., Lentschke J. (2015) The physical-chemical and technological fundamentals of industrial waste recycling of the industrial enterprises' (technosphere. Ecology. Environment and Conservation 21 (November Suppl.). pp.169-174
- 11 Kazova R.A. (1990) *Issledovanie vzaimodejstviya v sisteme $\text{Ca}_{10}[\text{PO}_4]_6\text{F}_2\text{-SiO}_2\text{-CaMg}(\text{CO}_3)_2\text{-CaAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$ simpleks reshetchatogo planirovaniya [Research of cooperation is in the system $\text{Ca}_{10}[\text{PO}_4]_6\text{f}_2 - \text{SiO}_2 - \text{CaMg}(\text{CO}_3)_2 - \text{CaAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$ simplex of the latticed planning]* // *Izv.AN KazSSR. Ser.himich.*, №1, , s.3-7
- 12 Kazova R.A. (2012) *Tekhnosfera metallurgicheskikh proizvodstv i ehkologicheskaya bezopasnost' [Technosphere of metallurgical productions and ecological safety]* // *Sbornik dokladov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Gornoe delo i*

metallurgiya v Kazahstane. Sostoyanie i perspektivy». Almaty: s.257-259

13 Kazova R.A., Kadirbekova A.A. i dr. (2012) Analiz ehkologicheskoy statistiki predpriyatij pri ocenke vozdejstviya na okruzhayushchuyu sredu [Analysis of ecological statistics of enterprises at the estimation of affecting environment] //Sbornik trudov «Informacionnye i telekommunikacionnye tekhnologii: obrazovanie, nauka, praktika», T.1. Almaty, s.342-344

14 Kazova R., Kadirbekova A., Lentschke J., Tolepbaeva A. (2014) Mathematical planning of influence of enterprise on condition of soil// VIII International of Beremzhanov Forum «Chemistry and chemical technology». Ust-Kamenogorsk. Part 2, pp.147-151

15 Kazova R.A. (2012) Modelirovanie vzaimodejstviya v mnogokomponentnyh sistemah pri ehkoobosnovanii tekhnologij [Design of cooperation in the multicomponent systems at the экообосновании of technologies] //Trudy Biznes-konferencii «20 let informatizacii v Respublike Kazahstan: status, innovacii, upravlenie razvitiem». Almaty, s.498-473

16 Kazova R.A., Kadirbekova A.A. i dr. (2013) Vozdejstvie tekhnogeneza na ustojchivost' ehkositemy urbanizirovannoj territorii [Affecting of technogenesis stability of ecosystem of the urbanized territory] //Sbornik trudov II Mezhdunarodnoj konferencii «Vysokie tekhnologii-zalog ustojchivogo razvitiya». Almaty, s.40-45

17 Kanatschnig D., Rassel K., Strigl A. (2004) Guidelines: Reporting about Sustainability – 7 steps to a Successful Sustainability Report, Wien, Austria, p.202-208

18 Keijzers G. (2002) The transition to the sustainable enterprise // Journal of Cleaner Production, p.349-359

19 Kim V.A., Akberdin A.A., Kulikov I.S. (1980) Ispol'zovanie metoda simpleksnyh reshetok dlya postroeniya diagramm tipa sostav-svojstvo [Use of method of symplex grates for the construction of diagrams of type composition-property] // Izv.VUZov: Chernaya metallurgiya, №9, s.167-172

20 Liu F., Zang H., Wu P., Cao H.J. (2002) A model for analyzing the consumption situation of product material resources in manufacturing systems. Journal of materials Processing Technology, p, 201-207

21 Mueller R.F. (1964) Analysis of relations among Mg, Fe, Mn in certain metamorphic minerals // Geohim. Cosmochim. Acta. 25. pp. 267–269

22 Neuman W. F., Veuman M.W. (1953) The nature of the mineral phase of bone // Chem. Rev.'s., V. 53, p. 1-10.

23 Novik F.S., Minc R.S., Malkov YU.S. (1967) Primenenie metoda simpleksnyh reshetok dlya postroeniya diagramm sostav-svojstvo [Application of method of symplex grates for the construction of diagrams composition-property] //Zavodskaya laboratoriya, t.33, №7, s.840-847

24 Novik F.S., Minc R.S., Malkov YU.S. (1967) Primenenie metoda simpleksnyh reshetok dlya postroeniya diagramm sostav-svojstvo [Application of method of symplex grates for the construction of diagrams composition-property] //Zavodskaya laboratoriya, №8, s.840-847

25 Novinski R., Spika M., Kania A. (2007) Strategies of sustainable development in practice, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, 20, p.555-558

26 Novosielski R., Kania A., Spika M. (2007) Indicators of technological processes environmental estimation. Journal of Achievements in minerals and Manufacturing Engineering. Vol.22, issue 2, p.99-102

27 Perel'man A.I., Kasymov N.S. (2000) Geohimiya landshafta [Geochemistry is a landscape]. M.: Astreya, s.764

28 Saxena S.K., Chose S. (1976) Order-disorders and the thermodynamics of the orthopyroxene crystalline solutions // Amer. Mineral. 61, p. 643 – 645

29 Sheffe H. (1958) Experiments with mixtures //V.Roy.State Soc.. Ser.B, p.102-108

30 Tvans B.W., Trommsdorff V. (1974) Stability of enstatite+talk and – metamsomatism of metaperiodonine // J. Amer. sci., 272, PP. 274-296

31 Vevela V., Ellrnbecker M. (2001) Indicators of sustainable production: framework and methodology //Journal of Cleaner Production, p.519-549