

UDC 502:330.15

DOI 10.52171/2076-0515_2024_16_02_119_127

Use of Geothermal Waters of Azerbaijan for Neutralization of Organic Components of Solid Household Waste

S.A. Garaybeyli

Azerbaijan State Oil and Industry University (Azadlig ave. 20, Baku, AZ 1010, Azerbaijan)

For correspondence:

Garaybeyli Samira / e-mail: geraybeylisamira@rambler.ru

Abstract

Possibilities of using geothermal waters of Azerbaijan for neutralizing the organic component of solid household waste from pathogenic microorganisms are being considered. Based on the conducted experiments, the dependence of the degree of solid waste neutralization on temperature, the degree of neutralization on the volume of empty salt solution, and the degree of neutralization of solid household waste on the temperature of thermal water containing 1% H₂S was determined.

Keywords: organomineral fertilizers, solid household waste, technology, raw materials, neutralization, processing.

Received 19.12.2023

Revised 11.06.2024

Accepted 21.06.2024

For citation:

S.A. Garaybeyli

[Use of Geothermal Waters of Azerbaijan for Neutralization of Organic Components of Solid Household Waste]

Herald of the Azerbaijan Engineering Academy, 2024, vol. 16, № 2, pp. 119-127 (in Russian)

Bərk məişət tullantılarının üzvi komponentlərinin zərərsizləşdirilməsi üçün Azərbaycanın geotermal sularından istifadə olunması

S.A. Gəraybəyli

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti (Azadlıq pr. 20, Bakı, AZ 1010, Azərbaycan)

Xülasə

Bərk məişət tullantılarının üzvi komponentinin patogen mikroorqanizmlərdən zərərsizləşdirilməsi üçün Azərbaycanın geotermal sularından istifadə imkanları nəzərdən keçirilir. Aparılmış təcrübələrə əsasən, boş duz məhlulundan istifadə zamanı bərk tullantıların zərərsizləşdirilməsi dərəcəsinin temperaturdan, zərərsizləşdirmə dərəcəsinin boş duz məhlulunun həcmindən və bərk məişət tullantılarının zərərsizləşdirmə dərəcəsinin tərkibində 1% H₂S olan termal suyun temperaturundan asılılığı müəyyən edilmişdir.

Açar sözlər: orqanominal gübrələr, bərk məişət tullantıları, texnologiya, xammal, zərərsizləşdirilmə, emal.

Использование геотермальных вод Азербайджана для обезвреживания органической составляющей твёрдых бытовых отходов

С.А. Герайбейли

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности (пр. Азадлыг 20, Баку, AZ 1010, Азербайджан)

Аннотация

Рассмотрены возможности использования геотермальных вод Азербайджана для обезвреживания органической составляющей твёрдых бытовых отходов (ТБО) от патогенных микроорганизмов. На основе проведённых экспериментов показана зависимость степени обезвреживания ТБО от температуры при использовании холодного солевого раствора, зависимость степени обезвреживания от объёма холодного солевого раствора, зависимость степени обезвреживания ТБО от температуры термальной воды, содержащей 1% H₂S.

Ключевые слова: органоминеральные удобрения, твёрдые бытовые отходы, технология, сырьё, обезвреживание, переработка.

Введение

Урожайность возделываемых культур зависит от плодородия почвы, для сохранения которого необходимо восполнять содержание в почве определённого количества минералов, выносимых из неё с каждым урожаем. Восстановление плодородия почвы и управление минеральным питанием растений решается с помощью минеральных и органических удобрений. В последнее время предпочтение отдаётся органо-минеральным удобрениям, которые стали альтернативой чистой органики, состоящим из органического вещества и связанных с ними химически или адсорбционно-минеральных соединений.

Традиционным органическим сырьём для получения органо-минеральных удобрений являются гуминовые кислоты или содержащие их материалы (торф, бурые угли, илы, сланцы, перегной и др.). Последние разработки технологии производства органо-минеральных удобрений, расширяя базу органического сырья промышленными отходами, открыли дорогу новой разновидности, по мнению некоторых исследователей, называемой *удобрениями органо-минерального типа* [1]. В качестве источника органического сырья используют отходы промышленных предприятий, содержащих органическую лигноцеллюлозную составляющую, например, отходы деревопереработки, отходы гидролизного производства.

Интерес представляет переработка твёрдых бытовых отходов (ТБО) мегаполисов в удобрения органо-минерального типа. Наличие на территории республики современного комплекса по переработке ТБО, а также имеющееся многообразие природных ресурсов республики позволили по-

ставить задачу исследования возможности использования ТБО в качестве сырья для получения органо-минеральных удобрений.

Цель работы – изучить влияние концентрации сероводорода на степень обезвреживания органической составляющей ТБО с учётом температуры. На основе исследований определить эффективность использования горячих геотермальных вод Азербайджана, содержащих H_2S , для обезвреживания органической составляющей ТБО от патогенных микроорганизмов.

Постановка задачи

Изучить возможность использования геотермальных вод Азербайджана, выходящих на поверхность с температурой 25-75°C, содержащих H_2S для обезвреживания органической составляющей твёрдых бытовых отходов от патогенных микроорганизмов; разработать новую технологию получения органо-минеральных удобрений с вовлечением в переработку обезвреженной органической составляющей твёрдых бытовых отходов геотермальными водами Азербайджана, содержащими H_2S .

Решение задачи

При изучении возможностей использования вторичного сырья для разработки технологии производства органо-минеральных удобрений следует помнить о требованиях, предъявляемых оптимальным параметрам последних.

По физико-механическим и агрохимическим показателям удобрения должны соответствовать нормам [2], указанным в табл. 1.

Таблица 1 – Нормы физико-механических и агрохимических показателей удобрений
Table 1 – Norms of physical-mechanical and agrochemical indicators of fertilizers

Наличие жизнеспособных яиц и личинок гельминтов, в том числе нематод (аскаридат, трихоцефалов, стронгилят, стронгилоидов), трематод, цестод	
Массовая доля влаги, %, не более	50,0
Показатель активности водородных ионов солевой суспензии, ед. рН, не более	6,0-8,0
Массовая доля питательных элементов в удобрениях с исходной влажностью, %, не менее:	
- азота общего;	0,5
- фосфора общего, в пересчете на P_2O_5 ;	0,4
- калия общего, в пересчете на K_2O	0,3

Органическая составляющая твёрдых бытовых отходов представлена пищевыми отходами животного и растительного происхождения, древесиной, остатками бумаги. Имея неограниченное количество данного вида сырья, соответствующего требованиям по содержанию основных питательных элементов, следовало принять во внимание наличие в сырых бытовых отходах патогенных микроорганизмов, которые представляют значительную санитарную опасность. Так, компост, полученный на основе опавших листьев, сельскохозяйственных, бытовых и рыночных отходов, показал наличие большого количества микробов, хотя фильтрат компоста содержал достаточное количество нитратной и аммиачной форм N, P и K, а также наличие таких микроэлементов, как Zn, Cu и Cd [3].

Поэтому для вовлечения сырых бытовых отходов в процесс переработки в органиноминеральные удобрения первоначально предстояло решить вопрос обезвреживания органической составляющей ТБО от патогенных микроорганизмов.

Одним из методов борьбы с микробными клетками может быть физический метод, когда перерабатываемый материал разогревается при температуре 50-80°C [4].

Для решения этого вопроса было предложено использовать геотермальные воды Азербайджана, выходящие на поверхность с температурой 25-75°C, содержащие 5-18 % H_2S .

Для экспериментов использована органическая составляющая, полученная после отделения из ТБО механических включений (камни, стекло, металлические предметы, пластмассовые изделия и т. п.). Выделенная органическая составляющая включала пищевые отходы, бумагу, древесину. Первоначально для экспериментального исследования были приготовлены солевые раствором идентичного состава с геотермальными водами, но без присутствия H_2S (холостой раствор). В ёмкости помещали по 100 г органической составляющей ТБО с определенным количеством присутствия гельминтов и в каждую приливали по 10 мл холостого раствора с определенной температурой в интервале, соответствующем температуре геотермальной воды. Содержимое емкостей перемешивали в течение 10 мин. Из каждой ёмкости отобранные пробы суспензии исследовались на наличие патогенной микрофлоры. Результаты экспериментов представлены табл. 2.

Таблица 2 – Зависимость степени обезвреживания ТБО от температуры (при использовании холодного солевого раствора объемом 10 мл)

Table 2 – Dependence of the degree of solid waste neutralization on temperature (when using a blank saline solution with a volume of 10 ml)

№	ТБО, г	Температура, С	Степень обезвреживания, %
1	100		21
2	100	30	26
3	100	40	32
4	100	50	38
5	100	60	44
6	100	70	56
7	100	75	59

Как видно из результатов экспериментов, представленных в таблице 2, степень обезвреживания увеличивается с повышением температуры холодного раствора, обеспечивая наилучший показатель при температуре 75°C. Такая зависимость соответствует известному факту термического воздействия на степень обезвреживания от гельминтов.

Достигнутая степень обезвреживания не может быть принята за рекомендуемые условия, поскольку не позволяет выполнить требования, предъявляемые к органоминеральным удобрениям в вопросе обезвреживания. Очевидно, для выполнения требования полного отсутствия жизнеспособных яиц и личинок гельминтов, помимо температурного режима следует учитывать и другие факторы. Поэтому в задачу следующего этапа исследований входило изучение позволяющего обеспечить более эффективное обезвреживание испытуемого количества ТБО.

Для выбора оптимального режима обезвреживания ТБО, в последующих экспериментах, в емкости помещали по 100 г органической составляющей ТБО. В каждую емкость приливали холодной солевой раствор, нагретый до температуры 75°C, изменяя количество приливаемого солевого раствора. Полученные результаты представлены в таблице 3.

Полученные результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Зависимость степени обезвреживания от объема холодного солевого раствора (при температуре раствора 75°C)

Table 3 – Dependence of the degree of neutralization on the volume of the blank salt solution (at a solution temperature of 75°C)

№	ТБО, г	Объем солевого раствора, мл	Степень обезвреживания, %
1	100	5	46
2	100	10	59
3	100	15	64
4	100	20	68
5	100	30	74
6	100	40	79
7	100	50	80

Сравнение полученных результатов, представленных в табл. 2 и 3, свидетельствуют о том, что полученные ранее данные (таблица 2) по изучению влияния температуры на степень обезвреживания ТБО оказались заниженным результатом. Так, при температуре 75°C при использовании 10 мл солевого раствора максимальный результат составил 59 %, в то время как при использовании солевого раствора объемом, равным 40 мл, при той же температуре позволил увеличить степень обезвреживания до 79%. Полученные данные при исследовании влияния объема использованного солевого раствора показали, что для обеспечения максимальной степени обезвреживания, равной 79%, на 100 г ТБО достаточно использовать 40 г солевого раствора, дальнейшее увеличение объема солевого раствора практически не приводит к изменению результата по обезвреживанию.

Стало очевидным, что количество солевого раствора, равное 10 мл, было недостаточным для перемещения личинок гельминтов из 100 г пробы в теплую воду и оседания на дно емкости. Ввиду того, что анализу на степень обезвреживания подвергается именно осадок, становится ясной

причина заниженного результата в первой серии экспериментов.

Имея представление о влиянии на степень обезвреживания температуры и объема, при переходе исследований от холодного раствора непосредственно к термальным водам, наряду с исследованными параметрами предстояло выявить влияние концентрации присутствующего сероводорода в геотермальных водах на степень обезвреживания сырой органической составляющей ТБО.

Для изучения процесса обезвреживания с вовлечением геотермальных вод с тем же содержанием солей и присутствием растворенного H_2S в емкости объемом 600 мл помещали 100 г органической составляющей ТБО, приливали 40 мл геотермальной воды с разной температурой в интервале 25-75°C, с содержанием H_2S , равным 1 %. Смеси перемешивали в течение 10 мин. Из полученных суспензий отбирали пробы для анализа.

Представленные в таблице 4 результаты подтвердили предположение о необходимости изучения влияния присутствия H_2S в геотермальной воде на степень обезвреживания ТБО.

Таблица 4 – Зависимость степени обезвреживания ТБО от температуры термальной водой (содержащей 1% H_2S)

Table 4 – Dependence of the degree of solid waste neutralization on the temperature of thermal water (containing 1% H_2S)

№	ТБО, г	Температура, °C	Степень обезвреживания, %
1	100	25	32
2	100	30	48
3	100	40	53
4	100	50	68
5	100	60	77
6	100	70	86
7	100	75	89

При содержании 1% H_2S в геотермальной воде максимальная степень обезвреживания при 75°С составила 89%, в то время как при использовании холостого раствора при той же температуре – 79%.

Следующий этап исследования состоял из экспериментов, предназначенных для изучения влияния концентрации H_2S , растворенного в геотермальной воде, на степень обезвреживания ТБО. Условия экспериментов остались прежними: в емкости помещали 40 мл.

Сравнение полученных результатов процесса обезвреживания с использованием геотермальной воды, содержащей H_2S в

интервале 5-18%, с результатами, полученными с использованием холостого раствора в аналогичных условиях, представлены на рисунке.

При сравнении отображённых на рисунке кривых зависимости степени обезвреживания от температуры наблюдается сохранение идентичности характера кривых: при увеличении температуры степень обезвреживания повышается. При этом наблюдается смещение вверх относительно оси абсцисс кривых зависимости при использовании геотермальных вод, содержащих 1-5% H_2S относительно кривых зависимости холостого раствора.

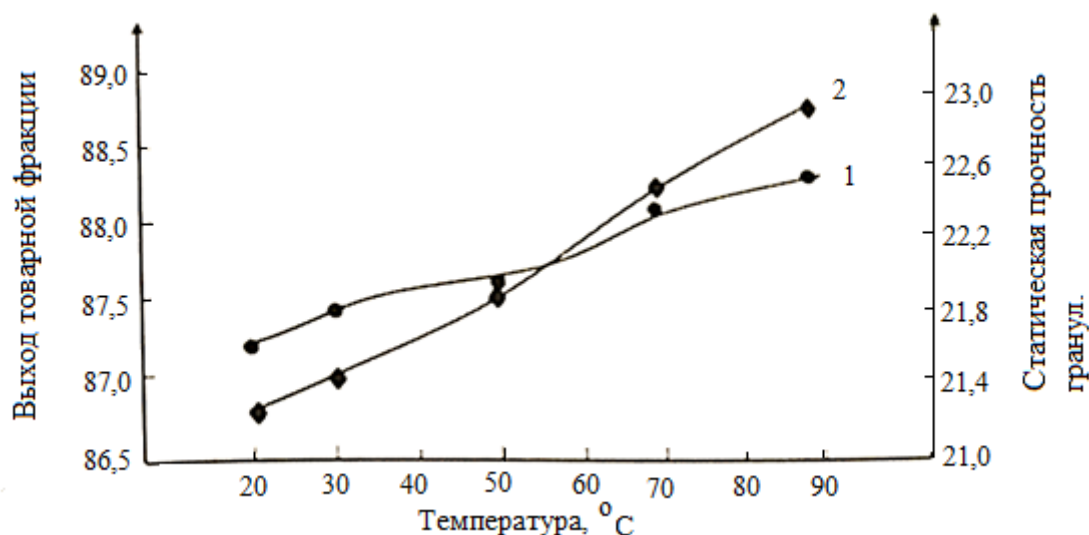


Рисунок – Зависимость степени обезвреживания ТБО от температуры при использовании: 1 - холостой раствор; 2 – геотермальная вода, содержащая 1% H_2S

Figure – Dependence of the degree of solid waste neutralization on temperature when using: 1- blank solution; 2 - geothermal water containing 1% H_2S

Такое изменение положения кривых может быть вызвано отличием в условиях проведения процесса обезвреживания, а это не что иное, как влияние присутствующего в геотермальных водах сероводорода. Подтверждением этого фактора являются полученные результаты. Если максимальная степень обезвреживания с использованием холостого раствора при температуре 75°С

равна 79%, то при использовании геотермальной воды с содержанием 1% H_2S при той же температуре максимальная степень обезвреживания равна 89% и при концентрации H_2S равной 5% достигается практически полное обезвреживание органической составляющей ТБО.

При анализе кривых зависимости степени обезвреживания от температуры с

учетом последующего повышения концентрации H_2S (рисунок) при использовании геотермальной воды с содержанием H_2S выше 5% наблюдается сдвиг точки полного обезвреживания в сторону оси ординат. Полученный результат свидетельствует о том, что при концентрации H_2S в геотермальной воде выше 5% полное обезвреживание органической составляющей ТБО может быть достигнуто при более низкой температуре, тем самым создавая широкий спектр выбора для использования геотермальных вод. Так, если для полного обезвреживания от гельминтов при концентрации H_2S , равной 10%, достаточно иметь геотермальную воду с температурой 55-57°C, то при 16% содержании H_2S может быть использована геотермальная вода с температурой 38-40°C. Объяснить полученные результаты исследования представляется возможным, исходя из следующих факторов [2-5].

Во-первых, помимо влияния температуры, известным фактом из микробиологии является влияние на жизнедеятельность микроорганизмов концентрации водородных (H^+) или гидроксильных (OH^-) ионов субстрата, на котором они развиваются. Для большинства микроорганизмов оптимальные значения pH находятся в пределах 6,5-7,5. Для патогенных микробов оптимальные значения pH 7,2 - 7,4 [5].

Активность микробов под влиянием pH среды изменяется, что связано с взаимодействием протонов H^+ ферментами, находящимися в цитоплазматической мембране и в клеточной стенке. Роль гидроксильной группы обусловлена щелочным гидролизом наружного слоя клеточных стенок патогенных бактерий, представляющих сложные белки, расщепляющихся в

условиях щелочного гидролиза и приводящих к гибели клетки [6].

Во-вторых, следует учесть фактор присутствия растворенного в геотермальной воде сероводорода, представляющего суммарное содержание недиссоциированных молекул газообразного H_2S , ионов гидросульфида HS^- и, весьма редко, сульфида S^{2-} . При этом соотношение присутствующих образований главным образом определяется величиной pH водного раствора, в меньшей степени проявляется влияние температуры и минерализация, и выражено следующим образом [7]:

pH- 8-11 – HS^- ; pH -12 – S^{2-} .

Отметим, что использованные нами геотермальные воды имели pH 8,6. Ясно, что присутствие сероводорода повлияет на изменение кислотности геотермальных вод, о которой можно судить по данным, представленным в табл. 5.

Таблица 5 – Влияние присутствия сероводорода на pH раствора

Table 5 – Influence of the presence of hydrogen sulfide on the pH of the solution

Наименование раствора	Щелочная среда раствора
Холостой раствор	OH^-
Геотермальная вода, содержащая H_2S	HS^- OH^-

Принимая во внимание присутствие ионов, отображенное в табл. 5, становится очевидным, что эффективность процесса обезвреживания от патогенной микрофлоры обеспечивают оба упомянутых фактора, связанные с присутствием в используемой геотермальной воде как с OH^- , так и с HS^- . При этом важна количественная характеристика присутствующих в растворе водо-

родных (H^+) и гидроксильных (OH^-) ионов, которая и определяет условия воздействия на патогенную микрофлору.

По имеющимся в литературе данным [7, 8], в подземных водах при $pH > 8$ более 90% сероводорода находится в виде гидросульфидного иона HS^- . Возвращаясь к результатам наших экспериментов, отражённых на рис. 1, можно констатировать, что изменение положения кривых обусловлено повышением эффективности обезвреживания и зависит напрямую от присутствия и концентрации растворенного H_2S в геотермальной воде.

Заключение

На основе проведённых экспериментов установлено влияние концентрации се-

роводорода на степень обезвреживания с учётом температуры. Показано смещение максимума степени обезвреживания в сторону уменьшения температуры геотермальной воды при повышении концентрации H_2S . Проведённые исследования подтверждают возможность эффективного использования горячих геотермальных вод Азербайджана, содержащих H_2S , для обезвреживания органической составляющей ТБО от патогенных микроорганизмов.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов, связанных с публикацией данной статьи.

REFERENCES

1. Aqrokhimiya: uchebnik / Pod red. Akademika RAN V.Q.Mineyeva. Moskva: Izd-vo VNIIA im. D.N.Pryanishnikova, 2017, 854 s. (*in Russian*)
2. Nenita E. dela Cruz, Clarita P. Aganon, Marilyn G. Patricio, Ellen S. Romero. Production of organic fertilizer from solid waste and its utilization in intensive organic based vegetable production and for sustaining soil health and productivity p.1-12 (1-4) (*in English*)
3. Korchevskaya Yu.V. Obezvrejivaniye otkhodov metodom ekologicheskoy biotekhnologii / Vestnik Altayskoqo Qosudarstvennoqo Aqrarnoqo Universiteta. Barnaul, 2016, № 3, s.170-173 (*in Russian*)
4. Linnik L.I. Khimiya vody i mikrobiologiya. Novopolotsk: PQU, 2015, 235 s. (*in Russian*)
5. Litusov N.V. Morfologiya i struktura bakteriy (uchebnoye posobiye). Ekaterinburg: Izd-vo UQMA, 2012, 50 s. (*in Russian*)
6. Budnik V.A. Kompleksnye metody ochistki sernisto-shelochnykh stochnykh vod neftepererabatyvayushikh zavodov. Nefteqazovoye delo. Ufa: 2019, № 5, s. 58-85 (*in Russian*)
7. Alosmanov M.S. Üzvi-mineral gübrənin alınması üsulu, İxtira İ2019 0052, Azərbaycan Respublikası (*in Azerbaijani*)
8. Aliev M.I., Zejnalov R.R. Vliyanie metrologicheskikh uslovij na rasprostranenie zagryaznyayushchih veshchestv // *Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri*, 2010, cild 2, N3, s.98-112. (*in Russian*)