

10. Low-energy technology for producing anhydrite in the $\text{CaCO}_3 - \text{H}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ system derived from industrial wastes / M. Kamarou [et al.] // Journal of Chemical Technology & Biotechnology. – 2021. – Vol. 96, № 7. – P. 2065–2071. – DOI.10.1002/jctb.6740.

11. Approaches for filtrate utilization from synthetic gypsum production / V. Romanovski [et al.] // Environmental Science and Pollution Research. – 2022. – DOI.org/10.1007/s11356-022-24584-3.

12. Романовский, В. И. Очистка промывных вод станций обезжелезивания с использованием отходов водоподготовки / В. И. Романовский, П. А. Клебеко, Е. В. Романовская // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2018. – № 2 (104). – С. 90–92.

Направления утилизации фильтратов, образующихся при синтезе синтетического ангидрита из недопала извести

Комаров М.А.

*Белорусский государственный технологический университет, г. Минск,
Республика Беларусь, takkom1995@gmail.com*

Резюме. При переработке недопала извести на синтетический ангидрит сульфата кальция в системе $\text{CaCO}_3 - \text{H}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ образуется большое количество фильтрата. Перспективным направлением по его утилизации является его использование в качестве микроудобрения для растений за счет его химического состава, либо в качестве сырьевого компонента, замещающего воду при приготовлении суспензии недопала извести.

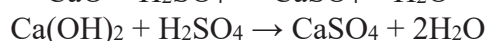
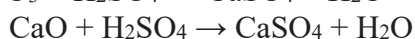
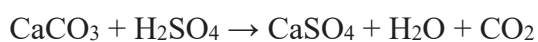
Directions for the disposal of filtrates formed during the synthesis of synthetic anhydrite from lime mud

Komarov M.

Summary. During the processing of lime mud for synthetic anhydrite sulfate, the content in the $\text{CaCO}_3 - \text{H}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ system is a large amount of filtrate. A promising direction for its use is its use as a microfertilizer for plants due to its chemical composition, or as a raw material component that replaces water in the preparation of a suspension and does not burn lime.

Приоритетным направлением природоохранной деятельности является переработка отходов с получением новых материалов, которые могут в дальнейшем вновь использоваться в хозяйственном обороте. Ввиду этого все более актуальными становятся комплексные технологии переработки сырья [1] с замкнутым технологическим циклом.

Химический синтез в системе $\text{CaCO}_3 - \text{H}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ [2] позволяет получать синтетический гипс [3] и синтетический ангидрит [4] высокого качества, которые являются перспективным сырьем для получения гипсовых вяжущих [5]. В процессе синтеза синтетического ангидрита [6] образуется 2 материальных потока: синтетический ангидрит и фильтрат. В технологическом цикле получения синтетического ангидрита [7] фильтрат образуется за счет взаимодействия разбавленной серной кислоты (концентрация 53 мас. %) с суспензией недопала извести, концентрацией 14,29 мас. %, а также в ходе протекания следующих химических реакций:



Фильтрат, образующийся в процессе синтеза ангидрита, имеет рН 0,47. С целью разработки устойчивой технологии для его нейтрализации использовали отход недопала извести. рН нейтрализованного фильтрата составил 7,34. Солесодержание данного фильтрата составило 5,52 г/л. Состав сухого остатка представлен в табл.

Таблица – Элементный состав сухого остатка фильтрата и осадка после нейтрализации

Элемент	Сухой остаток	Осадок
O	39,55 ± 1,28	38,16 ± 6,41
Na	5,22 ± 1,01	0,04 ± 0,05
Mg	7,47 ± 0,47	0,11 ± 0,16
Si	1,97 ± 0,72	2,46 ± 0,60
S	15,26 ± 0,04	12,38 ± 1,54
Cl	2,26 ± 0,02	0,18 ± 0,26
K	1,58 ± 0,31	0,39 ± 0,12
Ca	24,94 ± 1,39	39,17 ± 3,92
C	1,76 ± 0,44	7,11 ± 0,60

Фильтрат после нейтрализации содержал остаточное количество сульфата кальция (содержание серы – 0,842 г/л), Содержащийся в исходном фильтрате магний (0,412 г/л), натрий (0,288 г/л) и калий (0,097 г/л) оставались в нем и после нейтрализации. Такой продукт может использоваться в качестве удобрения либо в качестве зародышей на стадии синтеза для укрупнения частиц CaSO₄ в самой технологии. Использование мелких частиц в качестве зародышей является перспективным направлением. Так, полученный фильтрат может использоваться повторно в технологическом цикле, заменяя собой необходимую воду для приготовления суспензии недопала извести. Однако фильтрат, образующийся в процессе частого циклического повторного использования, будет накапливать в себе растворимые соли, вносимые с сырьевыми компонентами, которые в последствии могут оказать негативный вклад на рост кристаллов и образования частиц сульфата кальция. Исходя из этого, а также ввиду наличия в фильтрате кальция, серы, натрия, магния, калия, представляет интерес возможность использования фильтрата в качестве удобрения. Поглощение натрия очень сильно зависит от растения [8]. Кальций необходим для нормального роста надземных органов и корней растений [9]. Потребность в нем возникает уже в фазе прорастания. При сильном дефиците кальция корни останавливают рост, утолщаются, а корневые волоски разрушаются (стенки клеток слизнут, так как пектиновые вещества и липоиды при отсутствии кальция растворяются, внутренне содержимое клеток вытекает, ткань превращается в ослизлую бесструктурную массу).

Для подтверждения возможности использования нейтрализованного фильтрата проводились исследования по прорастаемость семян масленичной редьки и параметрам выросших растений, результаты представлены на рис.

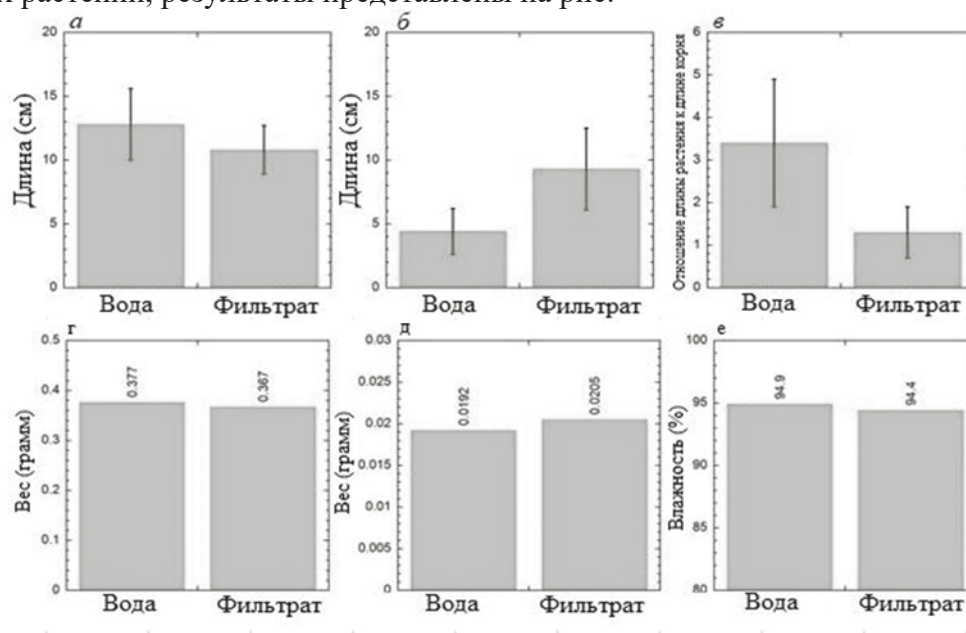


Рисунок – Параметры растений

а – высота побега; б – длина корней; в – соотношение высоты побега к длине корней; г – сырая масса; д – сухая масса; е – влажность

В боксе, в котором для полива использовалась только вода, эффективность прорастания составила 82 %, а в боксе, где для полива дополнительно использовался фильтрат – 80%. Из рис. 1 видно, что использование нейтрализованного фильтрата привело к снижению высоты ростков на 15,6 % и почти в 2 раза увеличению длины основного корня. Если сравнивать удельные показатели на одно растение, то при практически одинаковой влажности (рисунок 1 е) сухая масса растений после полива фильтратом была больше на 6,3 мас. % по сравнению с растениями, которые поливались водой (рис. 1 д). При поливе растений фильтратом ростки были более развиты с несколько большим количеством листиков. Об этом свидетельствует то, что общая длина побега при поливе фильтратом уменьшилась на 15,6 %, а удельная масса ростка меньше всего на 2,7 %.

Таким образом фильтрат, образующийся при синтезе синтетического ангидрита из недопала извести можно использовать как микроудобрения для растений либо пускать обратно в технологический цикл на стадию приготовления суспензии. Благодаря предложенным способам утилизации фильтратов технологию переработки недопала извести на синтетический ангидрит сульфата кальция можно считать замкнутой и не загрязняющей местные водные ресурсы.

Список литературных источников

1. Романовский, В. И. Очистка промывных вод станций обезжелезивания с использованием отходов водоподготовки / В. И. Романовский, П. А. Клебеко, Е. В. Романовская // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2018. – № 2 (104). – С. 90–92.
2. Low-energy technology for producing anhydrite in the $\text{CaCO}_3\text{--H}_2\text{SO}_4\text{--H}_2\text{O}$ system derived from industrial wastes / M. Kamarou [et al.] // Journal of Chemical Technology & Biotechnology. – 2021. – Vol. 96, № 7. – P. 2065–2071. – DOI:10.1002/jctb.6740.
3. Kamarou, M. Structurally controlled synthesis of synthetic gypsum derived from industrial wastes: sustainable approach / M. Kamarou, N. Korob, V. Romanovski // Journal of Chemical Technology & Biotechnology. – 2021. – Vol. 96, № 11. – P. 3134–3141. – DOI:10.1002/jctb.6865.
4. Romanovski, V. Green approach for low-energy direct synthesis of anhydrite from industrial wastes of lime mud and spent sulfuric acid / V. Romanovski, A. Klyndyuk, M. Kamarou // Journal of Environmental Chemical Engineering. – 2021. – Vol. 9, № 6. – P. 106711. – DOI:10.1016/j.jece.2021.106711.
5. Gypsum and high quality binders derived from water treatment sediments and spent sulfuric acid: chemical engineering and environmental aspects / V. Romanovski [et al.] // Chemical Engineering Research and Design. – 2022. – Vol. 184. – P. 224–232. – DOI:10.1016/j.cherd.2022.06.008.
6. Low energy synthesis of anhydrite cement from waste lime mud / M. Kamarou [et al.] // Journal of Chemical Technology & Biotechnology. – 2022. – Vol. 98, № 3. – P. 789–796. – DOI:10.1002/jctb.7284.
7. Approaches for filtrate utilization from synthetic gypsum production / V. Romanovski [et al.] // Environmental Science and Pollution Research. – 2022. – DOI:10.1007/s11356-022-24584-3.
8. Бингам, Ф. Т. Некоторые вопросы токсичности ионов металлов / Ф. Т. Бингам, М. Коста, Э. Эйхенбергер. – М. : Мир, 1993. – 366 с.
9. Кальций в растительных клетках / В. В. Швартау [и др.] // Biosystems Diversity. – 2014. – Vol. 22, № 1. – P. 19–32.

Вертикальное распределение зоопланктона в двух мезотрофных озерах Беларуси

Журавлёв М.Д.

ГНПО «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам», г. Минск, Республика Беларусь, mishatelefon13@gmail.com

Резюме. Изучено вертикальное распределение зоопланктона в пелагиали двух мезотрофных озер Беларуси. Установлено, что в средне глубоких озерах Беларуси в летнее время наблюдается неравномерное распределение зоопланктона по вертикали, связанное с температурной стратификацией и концентрацией кислорода. В исследованных озерах