

ОБРАЗОВАНИЕ МИНЕРАЛА СТРУВИТ В ТРУБАХ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ СТОКОВ

Проблема солеотложения в трубах при транспортировке различных стоков (нефтепромысловых, животноводческих и прочих) является довольно сложной. Поэтому изучение минерального состава солей, причин их отложения и предупреждение осадков в трубопроводах и насосном оборудовании представляет не только научный, но и практический интерес.

При изучении вопросов утилизации стоков крупного свиноводческого комплекса «Рошинский» Стерлитамакского района Республики Башкортостан на 54 тыс. голов мы столкнулись с проблемой солеотложения в трубах, транспортирующих стоки [Абдрахманов, 1992]. При транспортировке стоков от прудов-накопителей, расположенных обычно у комплексов, до прудов-смесителей, находящихся вблизи полей орошения, в трубопроводах происходит довольно интенсивное отложение солей (рис. 1, 2).

Использование стоков для орошения осуществляется здесь в вегетационный период. В остальное время года стоки выдерживают в прудах-накопителях в течение 7–8 месяцев. Перед орошением эти стоки для разбавления водой из р. Белой подают в пруд-смеситель по трубопроводам диаметром 200 мм. Расстояние от прудов-накопителей до пруда-смесителя 5,3 км.

При профилактических и ремонтных работах в межвегетационный период на стенках трубопроводов, крыльчатках насосов и прочем оборудовании оросительной системы отмечается интенсивное отложение солей. Как следствие этого, в ходе эксплуатации происходит ухудшение работы насосов. Они не обеспечивают подачу необходимого количества воды в пруд-смеситель. Производительность насосов за сезон работы снижается до 70% из-за отложения солей.

Наиболее значительное солеотложение наблюдается в трубопроводах диаметром 100 мм на участках от насосов до сборного коллектора. Этот отрезок трубопровода приходится заменять каждые два года. Как видно из рисунка, диаметр трубы за это время сужается до 15–30 мм.

На участке от вентуза 8 (В-8) до В-6 (длина 1500 м) толщина осадка составляет 4 и 3 см, соответственно в середине и конце отрезка, а от В-6 до В-5 (протяженность участка 1700 м) она уменьшается до 2–1 см.

Стоки свинокомплекса, транспортируемые по трубопроводам, имеют минерализацию 3,1–5,5 г/л и сложный химический состав, который определяется соотношением компонентов жидкого навоза, воды, используемой для гидросмыва, и дезинфицирующих средств. В них содержится значительное количество гидрокарбонатов (1,4–2,9 г/л), хлора (0,2–0,8), аммония (0,3–0,8), фосфора (0,07), калия (0,3–0,4), натрия (0,3–0,5 г/л) и др. Для них характерно также повышенное содержание органического вещества, достаточно высокие значения рН (7,2–7,9) и Eh (+ 500 Мв).

Основной причиной выпадения солей из животноводческих стоков, по нашему мнению, является комплексный биогидрохимико-электрохимический барьер, обусловленный наличием органических (особенно азотсодержащих) веществ, резким изменением скорости движения воды в насосах и трубопроводах, а также взаимодействием между металлом и раствором. Как следует из приведенных выше данных, наибольшее отложение солей наблюдается там, где скорость жидкости максимальная.

Химический состав отложений на стенках трубопроводов изучался в лаборатории ПГО «Башкиргеология». Анализировали четыре пробы: по две из труб диаметром 200 и 100 мм. Химический состав их достаточно однородный (табл.). Обращает на себя внимание резкое отличие в химическом составе стоков и составе солей в трубопроводах. В последнем доминирующими являются оксиды магния и фосфора (около 45% общей массы вещества). Фосфаты магния, как известно, весьма малорас-

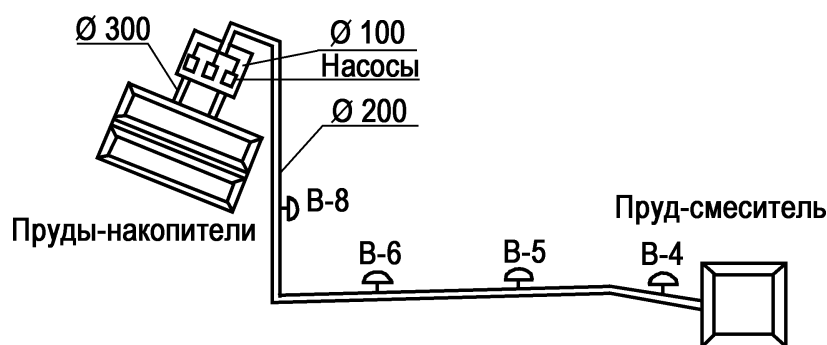


Рис. 1. Схема транспортировки стоков Рошинского свинокомплекса от прудов-накопителей до пруда-смесителя [Абдрахманов, 1992]

Таблица

Химический состав солей, отлагающихся в трубопроводах (масс. %)

| № п/п | Ø труб, мм | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | FeO | CaO | MgO | MnO | P ₂ O ₅ | K ₂ O | Na ₂ O | SO ₃ | ппп | Σ |
|-------|------------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|-------|------|-------------------------------|------------------|-------------------|-----------------|------|-------|
| 1 | 200 | 0,34 | 0,02 | <0,05 | 0,64 | <0,10 | 0,80 | 17,20 | 0,04 | 28,30 | 0,22 | 0,04 | <0,10 | 51,8 | 99,42 |
| 2 | 200 | 0,38 | 0,02 | <0,05 | 0,40 | <0,10 | 0,78 | 16,90 | 0,03 | 28,50 | 0,22 | 0,03 | <0,10 | 52,0 | 99,49 |
| 3 | 100 | 0,37 | 0,02 | <0,05 | 0,30 | <0,10 | 0,80 | 16,79 | 0,06 | 28,29 | 0,22 | 0,03 | <0,10 | 52,3 | 99,25 |
| 4 | 100 | 0,40 | 0,02 | <0,05 | 0,80 | <0,10 | 0,95 | 16,80 | 0,05 | 28,29 | 0,20 | 0,04 | <0,10 | 51,6 | 99,22 |

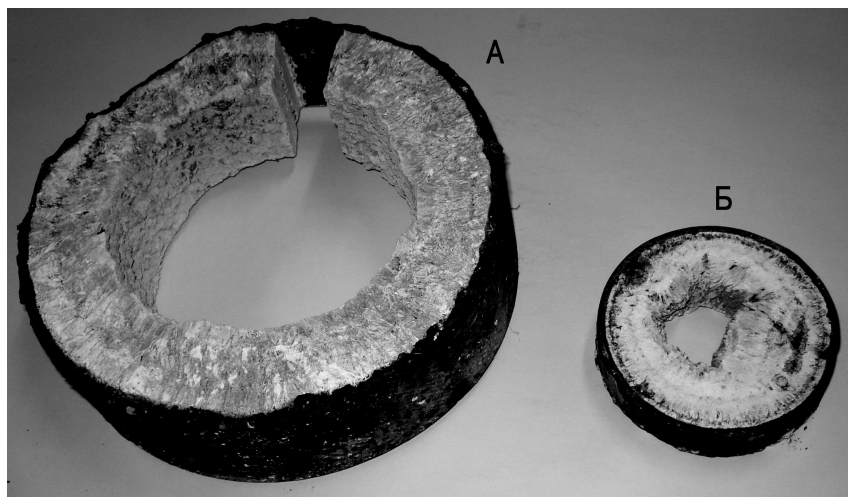


Рис. 2. Отложения солей в трубопроводах, транспортирующих стоки Рощинского свиного комплекса

а, б — трубы диаметром соответственно 200 и 100 мм [Абдрахманов, 1992]

Института минералогии (г. Миасс) УрО РАН (к.г.-м.н. С.С. Потапов) методом расшифровки дифрактограммы (снят также ИК-спектр вещества). По наиболее интенсивным отражениям на рентгенофазовой дифрактограмме (рис. 3): 2,69, 4,26 и 5,62 Å диагностирован мономинеральный осадок — ромбический шестиводный фосфат магния и аммония

творимы в воде. Этим и обусловлено выпадение их из стоков и отложение на стенках труб.

Анализ состава солей в трубопроводах Рощинского свиного комплекса путем их термической обработки (при 60 и 100 °С) выявил содержание кристаллизационной воды около 32%.

Изучение минералогического состава солей выполнено в лаборатории минералогии техногенеза

техногенный минерал струвит — NH₄Mg[PO₄]·6H₂O). Сравнение дифрактограммы с эталонными отражениями струвита (см. www.mincryst.ru) показывает (см. рис. 3) полное совпадение пиков и отсутствие других минералов.

Струвит — NH₄Mg[PO₄]·6H₂O, минерал, редко встречающийся в природе; кристаллизуется в орторомбической сингонии, пр. гр. — Pmn2₁. Он обнаружен в минералах пещер и почв и считается продуктом жизнедеятельности определенного типа бактерий: Proteus, Klebsiella, Pseudomonas [Gonzalez-Munoz et al., 1996]. Жизнедеятельность этих бактерий сопровождается повышением pH, что создает условия для кристаллизации фосфатов. Струвит в ряде случаев является основной составляющей патогенных образований мочевой системы человека [Пальчик и др., 2000].

В свете изложенного важной является задача профилактических мероприятий по предотвращению отложения солей на стенках труб.

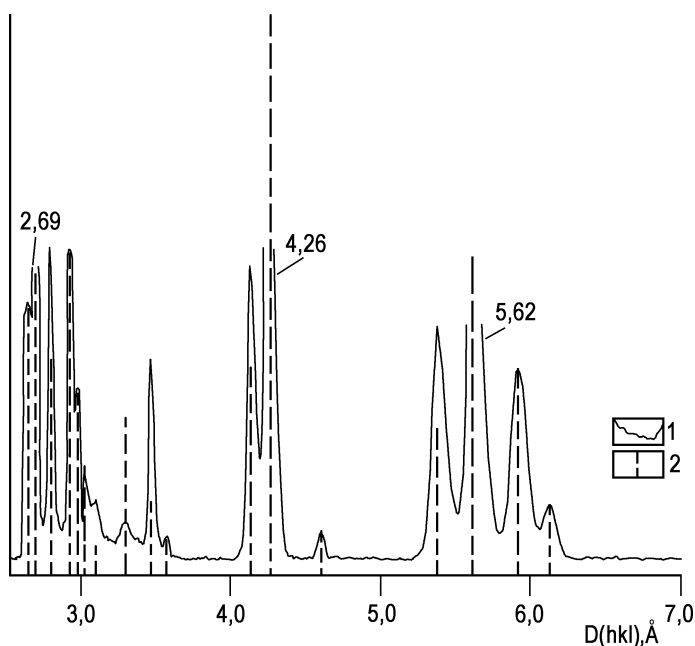


Рис. 3. Дифрактограмма струвита, образованного в трубопроводах, транспортирующих животноводческие стоки

Условные обозначения: 1 — дифрактограмма, 2 — эталонные значения

Для решения этой проблемы перспективными представляются физические методы, связанные с воздействием на водную систему внешних полей (магнитных, электрических, ультразвуковых и пр.). Эти методы отличаются универсальностью, эффективностью и экономичностью [Классен, 1978; Душкин, Евстратов, 1986]. В последнее время для интенсификации процессов очистки воды широко применяют метод наложения на водно-дисперсные системы магнитного поля.

Имеется ряд примеров успешной борьбы с солеотложением в трубопроводах с помощью магнитной обработки воды. Следует подчеркнуть, что магнитная обработка также улучшает оросительные свойства жидкости.

При подготовке статьи консультативную помощь оказал к.г.-м.н. В.М. Горожанин, которому автор выражает свою признательность.

Литература:

Абрахманов Р.Ф. Заращение трубопроводов, транспортирующих животноводческие стоки // Мелиорация и водное хозяйство. 1992. № 5–6. С. 34–35.

Душкин С.С., Евстратов В.Н. Магнитная водоподготовка на химических предприятиях. М.: Химия, 1986. 144 с.

Классен В.И. Омагничивание водных систем. М.: Химия, 1978. 240 с.

Пальчик Н.А., Григорьева Т.Н., Мороз Т.Н., Родин Р.С. Сравнительная кристаллохимия струвитов разной генетической принадлежности // Мат-лы / 2-й национальной кристаллохимич. конф. Черноголовка, 2000. URL: <http://xray.nifhi.ac.ru/nccc/abstracts/Palchik.html> (дата обращения 03.06.2009).

Gonzalez-Munoz M.T., Ben Omar N., Martinez-Canamero M. et al. Struvite and calcite crystallization induced by cellular membranes of *Mucococcus xanthus* // Journal of Crystal Growth. 1996. No 163. P. 434–439.