

**МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ СОЛЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ (НАКИПИ) В ТЕПЛООБМЕННОМ
ОБОРУДОВАНИИ**

А.Д. Аламов

Научный руководитель ассистент Б.Р. Соктоев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Накипь – твердые отложения, образующиеся на внутренних стенках паровых котлов, водяных экономайзеров, пароперегревателей, испарителей и других теплообменных аппаратов, в которых происходит испарение или нагревание воды, содержащей те или иные соли [1].

Образование накипи в теплообменном оборудовании связано, прежде всего, с санитарно-гигиеническим показателем – жесткостью воды. При этом накипеобразование обусловлено устранением карбонатной, или временной жесткости, при котором содержащиеся в воде бикарбонаты Ca и Mg почти полностью удаляются при кипячении с образованием летучего углекислого газа [2].

Изучение подобного рода отложений в системах водоснабжения на разных этапах подготовки, очистки и транспортировки воды является актуальным во всем мире. Изучение минерального состава является одним из приоритетных направлений исследований, поскольку особенности минерального состава позволяют подобрать эффективные химические вещества, используемые в качестве антинакипинов (антискалантов) [3-5, 11, 13]. В некоторых работах есть данные об элементном составе этих образований (Na, Ca, Fe, Mg, ряд тяжелых металлов, отдельные радионуклиды) [6, 7, 9, 12, 14-16, 18, 19].

Для изучения минерального состава существует несколько основных аналитических методов: оптическая микроскопия, сканирующая электронная микроскопия, рентгеновская дифрактометрия, ИК-спектроскопия [13].

Литературный обзор полученных данных говорит о том, что осадки систем водоснабжения, в том числе теплообменного оборудования, представляют собой полиминеральную смесь, в составе которой принимают участие оксидная, гидроксидная, фосфатная, карбонатная и алюмосиликатная минеральные фазы. При этом доминирующую роль играют карбонатные фазы, представленные, прежде всего, кальцитом и арагонитом, реже ватеритом – полиморфными модификациями карбоната кальция [5, 10, 11, 13, 17]. В макроминеральном отношении солевые отложения ближе всего к травертинам – природным образованиям, образующихся при разгрузке природных вод [8].

Среди факторов, оказывающих влияние на формирование минерального состава солевых отложений, перечисляются температура, ионная сила раствора, двухвалентные катионы (Mg^{2+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} , Sr^{2+} , Cd^{2+} , Ba^{2+} и Pb^{2+}), ряд анионов (SO_4^{2-} , NO_3^- и Cl^-), органическое вещество [13].

Таким образом, проведенный литературный обзор показывает, что минеральный состав накипных отложений в теплообменном оборудовании представлен большим количеством минеральных фаз: оксидами, гидроксидами, фосфатами, карбонатами, алюмосиликатами. Преобладающими минералами являются карбонаты – кальцит и арагонит. Изучение данного вопроса имеет важное значение в связи с повышением эффективности работы теплообменного оборудования, разработки антинакипинов и профилактики формирования осадков.

Литература

1. Большая Советская Энциклопедия (БСЭ), 2013. URL: <http://www.bse-scilib.com> (дата обращения 27.02.2016).
2. Бочкарев Г.Р. Влияние электрохимической обработки воды на форму кристаллизации карбоната кальция / Г.Р. Бочкарев, А.А. Величко // Известия ВУЗов. Строительство. – 2006. – № 9. – С. 53-57.
3. Минеральные новообразования на водозаборах Томской области / Д.С. Покровский, Е.М. Дутова, Г.М. Рогов и др. – Томск: Изд-во НТЛ, 2002. – 176 с.
4. Потапов С.С. Минералогия солевых отложений в скважинах и другом нефтепромысловом оборудовании месторождений Западной Сибири: автореферат дис. ... канд. геол.-минерал. наук. – Екатеринбург, 2003. – 22 с.
5. Потапов С.С. Минералогия и спектроскопия техногенных и антропогенных (бытовых) накипей / С.С. Потапов, С.Л. Вотяков, Д.Р. Борисов // Уральский минералогический сборник. – 1998. – № 8. – С. 151-170.
6. Скоробогатов Г.А. Ионнообменные свойства шунгитов, контактирующих с водой / Г.А. Скоробогатов, А.В. Бахтияров, Ю.А. Ашмарова // Экологическая химия. – 2012. – № 21(2). – С. 125-129.
7. Assessment of inorganic accumulation in drinking water system scales and sediments / M.J. Friedman, A.S. Hill, S.H. Reiber et al. – Denver: Water Research Foundation, 2010. – 353p.
8. Brečević L. On calcium carbonates: from fundamental research to application / L. Brečević, D. Kralj // Croatica Chemica Acta. – 2007. – Vol. 80. – P. 467-484.
9. Candeais J.P. Scale analysis using X-ray microfluorescence and computed radiography / J.P. Candeais, D.F. de Oliveira, M.J. dos Anjos et al. // Radiation Physics and Chemistry. – 2014. – Vol. 95. – P. 408-411.
10. Clark L.M. The identification of minerals in boiler deposits. Examples of hydrothermal synthesis in boilers // Mineralogical Magazine. – 1948. – Vol. 28. – P. 359-366.
11. Cowan J.C. Water-formed scale deposits / J.C. Cowan, D.J. Weintritt. – Houston: Gulf Publishing Co, 1976. – 606 p.
12. Lytle D.A. The accumulation of radioactive contaminants in drinking water distribution systems / D.A. Lytle, T. Sorg, L. Wang et al. // Water Research. – 2014. – Vol. 50. – P. 396-407.
13. Mineral scales in biological and industrial systems / ed. Z. Amjad. – Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group, 2014. – 432 p.

14. Peng C.-Y. Characterization of elemental and structural composition of corrosion scales and deposits formed in drinking water distribution systems / C.-Y. Peng, G.V. Korshin, R.L. Valentine et al. // *Water Research*. – 2010. – Vol. 44. – № 15. – P. 4570-4580.
15. Peng C.-Y. Speciation of trace inorganic contaminants in corrosion scales and deposits formed in drinking water distribution systems / C.-Y. Peng, G.V. Korshin // *Water Research*. – 2011. – Vol. 45. – № 17. – P. 5553-5563.
16. Peng C.-Y. Effects of chloride, sulfate and natural organic matter (NOM) on the accumulation and release of trace-level inorganic contaminants from corroding iron / C.-Y. Peng, J.F. Ferguson, G.V. Korshin // *Water Research*. – 2013. – Vol. 47. – № 14. – P. 5257-5269.
17. Pentecost A. *Travertine*. – Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 2005. – 445 p
18. Siozos P. Chemical analysis of industrial scale deposits by combined use of correlation coefficients with emission line detection of laser induced breakdown spectroscopy spectra / P. Siozos, A. Philippidis, M. Hadjistefanou et al. // *Spectrochimica Acta Part B*. – 2013. – Vol. 87. – P. 86-91.
19. Williard J.N. Examination of water-formed deposits in steam boilers by scanning electron microscopy / J.N. Williard, M.J. Esmacher // *Microscopy and Microanalysis*. – 2002. – Vol. 8, suppl. 2. – P. 810-811.

ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ЛАНДШАФТЫ НОВОРОССИЙСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

А.В. Алексеенко

Научный руководитель профессор М.А. Пашкевич

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», г. Санкт-Петербург, Россия

Новороссийская промышленная агломерация включает в себя город с населением более 300 тыс. жителей, старейший цементный завод России «Новоросцемент», крупнейший в регионе Новороссийский порт, а также ряд других предприятий и объектов транспортной инфраструктуры. Производство цемента ведется с 1882 г. и в настоящее время достигает объема в 4 млн. т. продукции ежегодно. Источником сырья для производства портландцемента является месторождение мергеля, разрабатываемое открытым способом на территории городской агломерации. Согласно материалам Госдоклада «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2011 году», Новороссийск занимает 1-е место в перечне 100 самых загрязнённых городов страны. Индекс загрязнения атмосферы достигает значения 36, «очень высокий». Основным источником выбросов, загрязняющих атмосферный воздух в городе, признан цементный завод.

Работа посвящена мониторингу влияния цементной промышленности на состояние окружающей среды, загрязнение почв и вод. Эмиссия пыли является ключевым загрязняющим фактором в воздействии цементной промышленности на окружающую среду [4]. Влияние техногенных осадений на геохимические ландшафты выражается в изменении концентраций химических элементов в почвах и растительном покрове [6]. Городские почвы испытывают при этом наибольшее техногенное давление по сравнению с почвами других геохимических ландшафтов [2, 3]. В исследованных ландшафтах в зависимости от геоморфологических условий происходит перераспределение загрязняющих химических элементов в почвах и образование их ассоциаций при повышенных и пониженных концентрациях. Мониторинговое опробование почв (свыше 100 проб) было дважды проведено автором в 2014 и 2015 гг. Пробы отбирались из верхнего 30-см слоя, являющегося «геохимическим центром почв» с максимальной интенсивностью геохимических процессов в ландшафте. В ходе исследования также было установлено, что основные геохимические изменения в изучаемых ландшафтах произошли именно в этом горизонте. Контрольное опробование проводилось в объеме 3–5 % от отобранного числа проб. Исползованные для мониторинга состояния аквальных ландшафтов макрофиты, а именно зеленые и бурые водоросли, являются максимально чувствительными к изменению химического состава окружающей среды, причем к загрязнению они относятся по-разному. Применяемые в исследовании водоросли являются наиболее распространенными в прибрежных аквальных ландшафтах побережья Новороссийска. В аквальных ландшафтах проводилось биогеохимическое опробование трех видов водорослей: падина (*Padina pavonia*), энтероморфа (*Enteromorpha intestinalis*), цистозира (*Cystoseira barbata*). С целью геоботанической оценки современного состояния прибрежных ландшафтов Цемесской бухты, в 2009 году автором проводился отбор 150 проб данных водорослей на 87 точках наблюдения. Охвачена вся береговая линия, являющаяся рекреационной зоной. Все рядовые спектральные анализы проб почвы проводились в аттестованной и аккредитованной лаборатории ЦИЛ «Кавказгеолсъемка». Внешний контроль проводился в лабораториях ЮФУ и ИГЕМ. Внутрिलाбораторный контроль анализов всех проб составил 6 %, внешний контроль составил 3 %. Результаты анализов подвергались стандартной статистической обработке, которая показала высокую воспроизводимость и правильность анализов.

Город Новороссийск располагается в предгорьях Северо-Западного Кавказа на берегу Чёрного моря. Воздействие выбросов цементного производства здесь во многом обусловлено новороссийской борой [7], при которой наиболее интенсивный перенос атмосферного воздуха происходит по направлению от промышленной зоны к жилой части города. По геоморфологическим особенностям в городе выделяются трансэлювиальные (верхние части склонов), трансаккумулятивные (нижние части склонов) и транссупераквальные (надводные склоны) геохимические ландшафты. По особенностям застройки были обособлены ландшафты с одноэтажными, 2–5 этажными и 5–10 этажными домами, а кроме того были отдельно выделены ландшафты, занятые промышленными предприятиями (в т.ч. цементным заводом, морскими портами, железнодорожной станцией), а также пустыри [5]. В аквальных ландшафтах Цемесской (Новороссийской) бухты в результате интенсивного загрязнения токсичными веществами и повышенной мутности воды практически полностью исчез мезо- и