

для оптимизации исследуемого процесса или рационального управления им. Имея уравнение зависимости входных факторов от исходного параметра, можно прогнозировать все возможные значения параметра оценки исследуемого процесса при любых значениях факторов, которые находятся между верхним и нижним уровнями.

Lys S.S., Hnatyshyn Ya.M. Mathematical model of process of gasification of wood in the new construction of gazogene with a continuous layer.

We have constructed a mathematical model of the gasification of wood wastes in the new construction of gazogene. Model allows to get the detailed information about quality of synthesis-gas depending on entrance factors which influence on the process of gasification. Got a mathematical model can be basis for optimization of the probed process or rational management by him. Having equalization of dependence of entrance factors from an initial parameter, it is possible to forecast all the values of parameter of estimation of the probed process are possible at any values of factors which are between top and lower levels.

УДК 622.00.25

*Викл. Н.А. Федотова, канд. техн. наук – Сумський ГУ;
магістр Н.З. Бойко – Донецький ГТУ, г. Алчевск; магістр А.В. Сащенко –
ООО "Холпи", г. Донецьк*

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЧАСТИЧНОГО ЗАМОРАЖИВАНИЯ
ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДОПРОВОДНОЙ ВОДЫ**

Приведены результаты экспериментальных исследований качества водопроводной воды после ее частичного замораживания с последующим размораживанием при различных температурах.

Ключевые слова: питьевая вода, очистка, химико-биологические показатели, талая вода.

Введение. Настоящая работа является продолжением работы [2], в которой изучалась эффективность применения метода программированного замораживания для улучшения химико-биологических показателей питьевой воды.

Всемирная организации здравоохранения (ВОЗ) связывает значительную часть вспышки вирусных заболеваний с недостаточной дезинфекцией питьевой воды [10]. Специалисты Киевского института экогигиены и токсикологии им. Л. Медведя показали, что в воде, которую мы пьем, присутствует сотня видов органической соли и тяжелых металлов вредных для организма [11]. Предлагаемые на сегодня методы очистки водопроводной воды от химических веществ и бактерии только относительно обеспечивают пригодность воды для употребления.

Доказано, например, что:

- при содержании железа (больше 0,3 мг/л) возрастает риск приобретения патологии печени; повышается риск инфарктов, такая вода негативно влияет на репродуктивную функцию организма;
- если в воде больше 0,1 мг/л марганца, то возникает реальный риск заболеваний костной системы;
- при концентрации фтора больше 0,7-1,5 мг/л человек заболевает флюорозом, который приводит к потере зубов и поражению пищеварительного тракта; теряется подвижность суставов;
- при ПДК (предельно допустимая концентрация) свободного хлора, используемого для обеззараживания воды, в количестве 0,3-0,5 мг на литре питьевой воды, а связанного – 0,8-1,2 мг/л; избыток хлора вступает в соединение с дру-

гими органическими веществами, образующая канцерогены, которые провоцируют образование раковой опухоли и мутацию генов. Колумбийским университетом охроне здоровья установлено, что у людей, которые употребляют хлорируемую воду, на 44 % увеличивается риск заболевания раком желудочно-кишечного тракта и мочевого пузыря по сравнению с теми, кто употребляет нехлорируемую воду. Кроме того, хлорируемая питьевая вода способствует повышению кровяного давления, атеросклероза и ишемии сердца;

- избыток свинца в воде (больше 3 мг/л) накапливается в ткани, что приводит к малокровию, стимулирует развитие гипертонии и снижение слуха.

В результате анализа показателей питьевой воды установлено, что больше 45 % жителей Украины употребляют воду с "отклонениями" [11].

В 2008 г. региональные центры стандартизации, метрологии и сертификации Госпотребстандарта Украины проверили качество двух с половиной миллионов кубометров питьевой водопроводной воды, и 14 % ее не соответствовали действующим в Украине нормативам. Итог проверки – "Из 289 предприятий водоснабжения почти 245 работали с нарушениями стандартов, норм и правил, 118 поставляли потребителям жидкость, которая по показателям качества и безопасности не соответствовала требованиям ГОСТ 2874-82 "Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством". 25 предприятий снабжало жителей водой с бактериями, 38 – неприятной на вкус и запах. Мало того, половина проверенных предприятий не имела лабораторий по контролю качества. А ведь от лабораторного контроля зависит безопасность потребителей" [8].

Визуально оценить качество воды невозможно. Понятно, что посторонние примеси, подозрительный цвет и запах, все это должно насторожить. Нельзя позволять применять такую воду для питья. Но что делать, если таких признаков нет, можно ли пить такую воду и пользоваться ею в гигиенических и технических целях? В идеале, ответ на этот вопрос должна давать специализированная лаборатория. Особенно это касается микробиологических показателей воды, ведь микробов невооруженным взглядом не видно, да и результат их жизнедеятельности не всегда заметен.

Причины подачи некачественной водопроводной воды к потребителю. Общепринятое мнение – водопроводная вода чистая и готова к употреблению. Этому способствует знание, что перед тем, как попасть в водопровод, вода проходит через системы очистки воды, приводящие все ее показатели в норму. Но часто этого не происходит (или этого недостаточно) и водопроводная вода практически не применима к употреблению без дополнительных мероприятий по ее доочистке.

Одним из факторов, влияющим на характеристики воды является сам водопровод, по которому вода подается к потребителю. Важно следить, чтобы на показатели чистоты воды он не влиял, как это зачастую случается в случае изношенности или просто неправильно или некачественно организованных магистралей водоподачи.

В настоящее время на природные водоемы ложится существенная антропогенная нагрузка. Загрязнение водоемов микроорганизмами происходит, прежде всего, за счет поступления в них сточных бытовых и промышленных

вод. Наибольшая нагрузка приходится на реки, протекающие через крупные населенные пункты. Вода таких рек нередко содержит 10^5 - 10^6 микроорганизмов в 1 мл [9].

Помимо антропогенных загрязнений, водоемы обогащаются микроорганизмами при вымывании их из почвы, особенно в периоды таяния снегов и ливневых дождей. Максимальная численность бактерий в водоемах приходится на весну и лето, минимальная – на зимний период.

Целью настоящей работы стало изучение эффективности применения метода замораживания для очистки водопроводной воды.

Сущность экспериментов состояла в сравнении концентрации примесей в исходной и размороженной воде.

Выбор методики и постановка задачи исследования. Наиболее перспективным – по простоте технологии и экономичности – методом очистки воды от всего растворенного в ней, является вымораживание всех примесей в остаточный рассол при жестком процессе кристаллизации льда и затем, в последующем – употребление полученного чистого льда (растаяв его) для нужд приготовления пищи, для питья.

Сообщения об эффективности очистки воды от различных примесей с помощью метода замораживания не ново, но в указанных ниже условиях не проводилась ранее. На данный момент информация в основном заключается в работах, в которой изучалась эффективность метода замораживания для очистки воды: [1] – от альдегидов, в [2] – улучшение химико-биологических показателей питьевой воды, [3] – показатели гомеостаза организма человека.

Способ основан на свойстве воды любой солености выделять при замерзании вначале кристаллы чистого льда, очень маленькие по своим размерам, но непрерывно нарастающие в процессе замораживания. При этом более концентрированный "рассол" размещается в ячейках, между кристаллами пресного льда.

Так как рассол, даже очень слабой концентрации, замерзает при более низких температурах, чем пресная вода (в некоторых случаях при -7°C), то в процессе замерзания исходная вода, содержащая примеси в виде растворенных солей, органических веществ и ядохимикатов разделяется на пресный лед и остаточный рассол, который, имея больший удельный вес, чем лед, постепенно стекает сквозь пористую массу кристаллов пресного льда, сосредоточиваясь в центральной и отчасти нижней зоне замораживаемого первичного локального объема исходной воды.

При быстром льдообразовании промежутки между ледяными кристалликами заполняются новыми кристаллами раньше, чем рассол успевает вытечь из межкристаллических промежутков, поэтому нами был выбран медленный темп замораживания. Ранее проведенные испытания показали, что мгновенное замерзание воды не позволяет качественно очистить ее от примесей и загрязнений [6].

В предлагаемой нами технологии получения льда учтены все особенности процесса кристаллизации компактного льдообразования, идущего в соответствии с закономерностями фазовых переходов из жидкого состояния во-

ды, подлежащей обессоливанию, в твердое состояние – пресный лед, который затем растаивает и получают так называемую "талую воду" [2].

Предлагаемая методика очистки воды является разновидностью метода направленной кристаллизации [4]. Отличие от общепринятого метода заключается лишь в направлении движения фронта кристаллизации. Если для направленной кристаллизации движение фронта затвердевания происходит только в одном направлении (например, вдоль протяжённого цилиндра), то при замораживании в обычных ёмкостях движение фронта кристаллизации происходит одновременно в нескольких направлениях (сверху вниз, снизу вверх, от края к центру). Причем в идеальных условиях замораживания возможно выращивание монокристаллов льда: очистка воды может быть близкой к 100 %, поскольку встраиваться в структуру льда без нарушения его структуры (т.е. растворяться во льду) могут только молекулы He и NH_4F [5].

Описание экспериментального исследования и его результаты. Образцы водопроводной воды были взяты из водопроводной сети г. Донецка. Дополнительной очистки образцов водопроводной воды фильтрами не производилось. Поставлена цель – получить результаты изменения химико-биологического состава питьевой воды при частичном ее замораживании: 1 – контролируемый образец – вода из крана, т.е. необработанная процессом замораживания (естественные показатели); 2 – талая вода и нагретая до $30^{\circ}C$; 3 – замороженная вода и нагретая до $80^{\circ}C$. В табл. 1 приведены результаты эксперимента. В графе "Результаты анализа" через знак "/" показаны граничные значения исследуемых показателей.

Общие выводы. В работах [12, 13] показано, что нагрев "талой" воды выше $36^{\circ}C$ ухудшает ее химико-биологические параметры. Проведенные авторами анализы проб воды свидетельствуют о том, что при нагреве до $80^{\circ}C$ исследуемые параметры не ухудшились, а в некоторых позициях даже улучшились.

Анализ результатов показал, что характеристики питьевой воды после частичного замораживания улучшились от 4 % до 90 % по различным показателям воды. Ранее было показано [1, 6], что для очистки водопроводной воды от нерастворимых и неорганических ($CaCO_3$) примесей коэффициент очистки изменился в сторону улучшения до 35 %. В [7] было показано, что коэффициент очистки от соли $NaCl$ также составляет 25-30 %. Следовательно, очистка водопроводной воды, проведенная методом частичного замораживания показывает высокое качество очистки, при этом при нагреве ее до $80^{\circ}C$ многие показатели улучшаются многократно, а именно:

- электропроводность – в 2 раза;
- общее солесодержание, жесткость общая, щелочность (уменьшена, при улучшении параметра рН), гидрокарбонаты (HCO_3^{-1}), – в 2,3 раза;
- содержание кальция уменьшается – в 2,5 раза;
- содержание магния уменьшается – в 2 раза;
- содержание алюминия уменьшается – 8,4 раза;
- окисляемость перманганатная – в 3,3 раза, что свидетельствует о уменьшении величины, характеризующей содержание в воде органических и минеральных веществ.

При этом полученные показатели чистоты воды, благоприятнее норм СанПиН 2.1.5.980-00, что является эталоном для нашего исследования.

Табл. Результаты эксперимента

№ з/п	Наименование показателя	Результат анализа			Норматив СанПиН 2.1.5.980-00
		1. Контроль	2. Талая вода, нагретая до 30 °С	3. Талая вода, нагретая до 80 °С	
1	рН	6,7/7,9	7,5/5,9	7,9/6,1	6,5-8,5
2	Мутность, мг/л	0,29/0,4	0,29/0,321	0,29/0,32	0,5
3	Электропроводность, $\mu\text{S}/\text{cm}$	1120/1190	430/360	520/460	
4	Общее содержание, мг/л	876/856	304/248	371/322	100-1000
5	Жесткость общая, мг-экв/л	8,3/8	3,2/2,65	3,5/3,05	1,5-7,0
6	Жесткость кальциевая, мг-экв/л	5,7/5,6	1,9/1,48	2,3/2,0	
7	Жесткость магниевая, мг-экв/л	2,6/2,4	1,3/1,17	1,2/1,05	
8	Кальций (Ca^{2+}), мг/л	114,23/112,22	38,08/29,66	46,09/40,08	-
9	Магний (Mg^{2+}), мг/л	32,5/29,16	16,25/14,22	15,0/13,12	-
10	Щелочность общая, мг-экв/л	5,4/5,3	1,8/1,35	2,4/2,0	0,5-6,5
11	Гидрокарбонаты (HCO_3^{-1}), мг/л	329,4/323,3	109,8/82,35	146,4/122,0	-
12	Кислород растворенный, мг/л	8,06/7,59	8,38/6,71	6,03/5,38	4
13	Хлориды (Cl^-), мг/л	92,12/92,12	33,5/42,55	33,5/33,84	350
14	Сульфаты (SO_4^{-2}), мг/л	216,0/233,28	78,72/61,48	91,44/84,96	500
15	Железо общее, мг/л	0,072/0,070	0,065/0,057	0,059/0,046	0,027
16	Окисляемость перманганатная, мг $\text{O}_2/\text{л}$	5,28/2,24	4,8/0,88	1,6/0,88	4,0
17	Алюминий (Al^{3+}), мг/л	0,21/0,12	0,019/0,01	0,025/0,01	0,125

Литература

1. Лаврик Н.Л. Возможность очистки воды от растворимых примесей CaCO_3 с помощью метода перекристаллизации при $-17\text{ }^\circ\text{C}$ / Н.Л. Лаврик, Г.Г. Дульцева. // Химия в интересах устойчивого развития, 2003, 11, С. 863-867).

2. Сащенко В.В. Улучшение химико-биологических показателей питьевой воды методом программированного замораживания : дис. ... канд. техн. наук: спец. 27.00.03 / Валерий Викторович Сащенко. – Алчевск : ВУО МАНЭБ, 2009. – 110 с.

3. Показатели гомеостаза организма человека при употреблении структурированной воды, полученной с помощью прибора "Аквадиск". Отчет по договору о научном сотрудничестве № 1 н-01-06 между ОАО "Аква-Система" и ГОУ ВПО "Самарский государственный медицинский университет Росздрава". – М.-Самара, 2007. – 102 с.

4. Шавинский Б.М. Направленная кристаллизация водно-солевых систем : дис. ... канд. техн. наук. – Новосибирск, 1977. – 20 с.

5. Белослудов В.Р. Теоретические модели клатратообразования / Белослудов В.Р., Ю.А. Дядин, М.Ю. – М. : Изд-во "Наука". – Новосибирск, 1991. – 234 с.
6. Лаврик Н.Л. Возможность очистки воды от растворённых гидрофобных и гидрофильных органических примесей методом замораживания при -17°C . Н.Л. Лаврик // Химия в интересах устойчивого развития, 2004,12, 61-65.
7. Oughton J. Improvement of khimiko-biologicheskikh indexes of drinking-water by the method of the programed freezing // J. Chem. Education / J.S. Oughton, Hu, R. Battino. – 78, 10(2001)1373.
8. Дубницкая Д. У половины проверенных предприятий водоснабжения нет лабораторий по контролю качества питьевой воды // Газета "Факты и комментарии" 2009-02-07.
9. Егоров М.А. Очистка питьевой воды с помощью природного сорбента ракушечника / М.А. Егоров // Water, Chemical and Ecology // 04.2008 С. 41-43.
10. Экспертный комитет ВОЗ по здоровью и использованию фтора. Фтор и здоровье полости рта. – Серия технических отчетов ВОЗ № 846. Женева: ВОЗ, 1994.
11. [Электронный ресурс]. – Доступный з <http://www.medved.kiev.ua/>.
12. Мосин О.В. Разработка методов биотехнологического получения белков, аминокислот и нуклеозидов, меченых 2H и 13C с высокими степенями изотопного обогащения : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. биол. наук. МГАТХТ им. М.В. Ломоносова, 1996 г.
13. Зенин С.В. Исследование структуры воды методом протонного магнитного резонанса // Доклады РАН. – 1993. – Т. 332.3. – С. 328-329.

Федотова Н.А., Бойко Н.З., Сащенко А.В. Застосування методу часткового заморожування для очищення водопровідної води

Наведено результати експериментальних досліджень якості водопровідної води після її часткового заморожування з подальшим розморожуванням за різних температур.

Ключові слова: питна вода, очищення, хіміко-біологічні показники, тала вода.

Fedotova N.A., Boyko N.Z., Sashenko A.V. Application of method including partial freezing for tap water treatment.

The results of the experimental research concerning quality of tap water after freezing it partially with further defreezing under different temperatures are adduced in this work

Keywords: drinking water, purification, chemical – biological parameter, melt-water.

УДК 630.32.002.5(075.8) Асист. Ю.І. Цимбалюк – НЛТУ України, м. Львів

ОБҐРУНТУВАННЯ МАНЕВРОВОСТІ ЧОТИРИКОЛІСНОГО ТРЕЛЮВАЛЬНОГО ПРИЧЕПА

Подано математичне обґрунтування залежності кута повороту передньої поворотної вісі малогабаритного чотириколісного трелювального причепа від діаметра транспортованого лісоматеріалу та основних параметрів причепа.

Ключові слова: круглий лісоматеріал, трелювальний причеп, транспортування.

1. Актуальність дослідження. Під час транспортування круглих лісоматеріалів, найбільш еколого-безпечним способом є транспортування у повністю завантаженому стані. Такий спосіб транспортування приводить до найменшого пошкодження ґрунту, підросту та ростучих дерев, що має важливе значення на операції підтрелювання круглих лісоматеріалів до трелювального волока або до лісовозної дороги під час виконання рубань, пов'язаних з веденням лісового господарства. На сьогодні для транспортування круглих лісоматеріалів у повністю завантаженому стані широкого застосування набули різні трелювальні причепа, переважно чотириколісні, з пово-