

БАЛЬНЕОТЕХНИКА

Б. П. ТАТАРИНОВ, И. А. ПЕЗДОЙМИНОГА

К ВОПРОСУ СОЛЕОТЛОЖЕНИЯ И КОРРОЗИИ
 В ТРУБОПРОВОДАХ МИНЕРАЛЬНОЙ ВОДЫ

На курортах Кавказских Минеральных Вод (КМВ) в настоящее время выведено на поверхность и используется в той или иной степени свыше 70 минеральных источников, отличающихся друг от друга своими физико-химическими свойствами и температурой. Более 100 лет химики и медицинские работники занимались изучением химического состава и лечебных свойств минеральных вод. Однако вопросы организации транспортировки, хранения, подогрева или охлаждения ми-

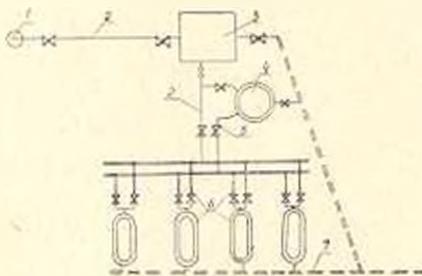


Рис. 1. Схема транспортировки (самостоком), подготовки и использования воды Пятигорского сульфидно-углекислого источника (Лермонтовский № 2). 1 — оголовок скважины; 2 — чугунные трубы; 3 — резервуар для хранения запаса воды; 4 — охладитель минеральной воды; 5 — запорная арматура; 6 — внутренняя разводка и впадины, ванны и оборудование; 7 — переливные и сбросные лотки. (Двошными линиями на рис. 1, 3 и 6 показаны участки более интенсивных солеотложений и коррозии).

неральных вод с обязательным сохранением ее необходимых лечебных свойств до настоящего времени занимались мало. Не изучены вопросы борьбы с солеотложениями и коррозией в трубопроводах и бальнеотехническом оборудовании, чрезвычайно важные для курорта по своему экономическому значению.

Разные типы вод в зависимости от технологии подготовки их к использованию различно изнашивают трубопроводы и оборудование. Приведем несколько примеров.

Пятигорская сульфидно-углекислая вода (Лермонтовский источник № 2), выходя на поверхность (рис. 1) при температуре +5 С с минерализацией 5200 мг/дм^3 , содержанием углекислоты 800 мг/дм^3 и

сероводорода 10 мг/дм^3 , в закрытых трубопроводах без доступа воздуха практически не разрушает чугуна. На стенках чугунных труб 2, несмотря на шероховатость их поверхности, соли не отлагаются. Стальные трубы эта вода корродирует интенсивно. При турбулентном движении воды в трубах и сбросных лотках 7 происходит интенсивное выделение углекислоты. С нарушением газового состава изменяет-

ся растворимость солей в воде на омываемой поверхности даже гладких винилпластовых труб интенсивно выпадают соли (рис. 2). При периодическом смачивании минеральной водой металлических конструкций 5 и 6, оборудования с доступом воздуха коррозия в течение 6-ти месяцев разрушает стальные трубы и детали (кроме нержавеющей) с толщиной стенки 3—4 мм.

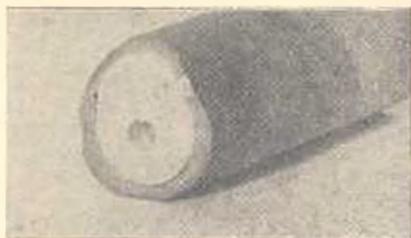


Рис. 2. Солеотложения в винилпластовой трубе за 90 дней эксплуатации. (В чугунной трубе соли в таком количестве выпадают за 60—70 дней).

Пятигорский углекислый нарзан (буровая № 19), выходя на поверхность (рис. 3) при температуре 60° (давление у устья скважины 2,7—1,0 атм) с минерализацией 6800 мг/дм³ и содержанием углекислоты 700 мг/дм³ поступает в газоотделитель, откуда лишь под напором изливается в трубопровод. Этот источник дает большие солеотложения на стенках труб 2 из различных материалов.

При турбулентном потоке интенсивность солеотложений возрастает. Замена стальных и чугунных труб на трубы из полиэтилена или даже из стекла практически не дала положительных результатов, так как солеотложение в трубах из стекла и пластика с гладкой внутренней поверхностью идет менее интенсивно по сравнению с металлическими трубами только в первые 20—30 дней, т. е. до тех пор, пока на гладкой поверхности труб не образуется тонкий (до 0,5 мм)

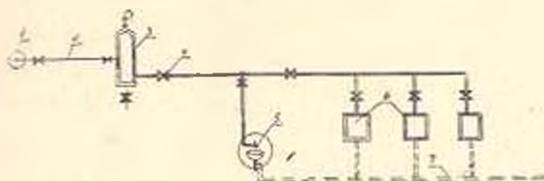


Рис. 3. Схема транспортировки (самотечом) и использования Пятигорской углекислой воды (источник № 19). 1— оголовок скважины; 2— стальные и чугунные трубы; 3— газоотделитель; 4— запорная арматура; 5— кран для раздачи питьевой минеральной воды; 6— цех налива воды в бутылки; 7— сбросные лотки.

налет солей. В дальнейшем солеотложение в этих трубах протекает с такой же скоростью, как и в металлических. К тому же относительно высокая температура воды (60 С) ограничивает возможность применения полиэтилена. Многочисленные попытки применить покраску и оцинковку стальных и чугунных труб не имели успеха; окрашенные или оцинкованные трубы служат немногим больше, чем стальные.

Места соединения металлических труб, запорная арматура 4, концевые краны 5, оборудование цеха розлива минеральной воды 6, под действием воды буровой № 19 корродируют и выходят из строя через каждые 50—60 дней. Обычно появляются отдельные свищи,

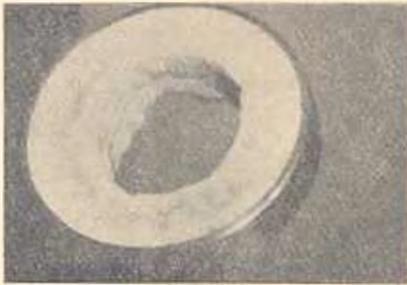


Рис. 4. Солеотложения в трубопроводе за 1 месяца эксплуатации.

вокруг которых происходит затем очень быстрое разрушение металла. В сбросных лотках и канализационных трубах 7, наблюдается интенсивное выпадение солей.

При опытной эксплуатации буровой в течение 4-х месяцев сечение трубопровода диаметром 108 мм вследствие солеотложений уменьшилось почти в 4 раза (рис. 4). Стальная труба $\varnothing 13$ мм была опущена в устье скважины на глубину 20 м, где в течение 2-х месяцев

под воздействием минеральной воды при давлении 4—6 атм была разрушена коррозией при незначительном налете солей (рис. 5).

Эссентукская углекислая вода из опорной буровой № 1 (рис. 6) с температурой при выходе на поверхность 47°C, минерализацией 7600 мг-дм³ и свободной углекислотой 1500 мг-дм³ несколько иначе ведет себя при транспортировке ее по трубопроводу. Поступая из устья в 6-километровый минералопровод из чугунных труб 2, с относительно большой шероховатостью поверхности, под давлением 7 атм, она изливается в резервуар 4, почти без избыточного давления (около 0,2 атм). Однако солеотложений на стенках труб после трехлетней их эксплуатации почти не наблюдалось. Немалое выпадение солей и в самом резервуаре. Температура воды за время ее транспортировки по трубопроводу понижается до 25°C. Поэтому для процедур, по условиям технологии подготовки, вода подогревается в аппаратах 5 до 45—50°C. При этом наблюдается бурное выделение углекислоты и выпадение солей в осадок в трубах оборудования 6, лотках и коллекторах 7.

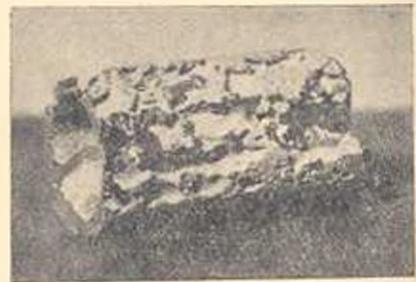


Рис. 5. Корродированная труба в Пятигорском углекислом нарзане.

Надо отметить, что особенно интенсивное солеотложение дают все минеральные воды в сбросных лотках и коллекторах. Вола по ним, как правило, движется турбулентным потоком, дробясь на уступах на капли, что способствует удалению углекислоты и резкому снижению растворимости солей. На стенках лотков отлагаются соли различной плотности. Величина углов поворота трубопроводов и лот-

ков влияет как на степень солеотложений, так и на их структуру. Плотность солеотложений зависит от величины концентрации свободной углекислоты в воде, от доступа воздуха к омываемой поверхности и т. д.

Приведенные выше примеры, а также другие материалы, собранные за последние годы в бальнеологических учреждениях курортов

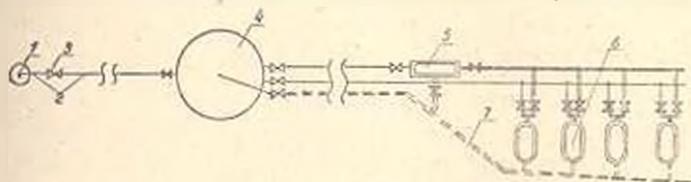


Рис. 6. Схема транспортировки (самотеком), подготовки и использования Ессентуковской углекислой воды (буровая № 1). 1 — оголовок скважины; 2 — чугунные трубы; 3 — запорная арматура; 4 — резервуар для запаса воды; 5 — волонгретательные аппараты; 6 — внутренние разводка и ванны, ванны и оборудования; 7 — сбросные лотки.

в Пятигорском научно-исследовательском институте курортологии и физиотерапии (М. Я. Кречко) дают основание говорить о том, что на степень коррозии и солеотложений в трубопроводах и бальнеологическом оборудовании влияют следующие основные факторы:

- а) давление в трубопроводах (системах) и изменение его;
- б) температура минеральной воды и ее изменение;
- в) химический и газовый состав воды;
- г) характер движения воды по трубопроводу или в системе (скорость потока, заполнение трубопровода, изменение направления потока и др.);
- д) материал, из которого выполнен трубопровод или оборудование;
- е) шероховатость стенок полости труб или оборудования;
- ж) доступ воздуха к поверхности трубопровода или оборудования, омываемой минеральной водой.

Указанные факторы в совокупности значительно сокращают сроки службы бальнеотехнического хозяйства и удорожают эксплуатацию бальнеологических учреждений курортов, а в некоторых случаях изменяют свойства природных лечебных вод. Так, например, при транспортировании сульфидно-минеральных вод по стальным трубам происходит немедленное образование сернистого железа, почернение воды, уменьшение содержания сероводорода, трубы начинают быстро корродировать — лечебные свойства воды резко снижаются [1].

Анализ эксплуатационных расходов в бальнеофизиотерапевтических учреждениях курортов КМВ показал, что дополнительные расходы, вызываемые агрессивностью минеральных вод составляют от 27 т. до 96 т. руб. в год на каждом курорте. Многие рекомендации по вопросам транспортировки, хранения, подогрева и отвода минеральных вод разработаны Г. В. Якимовым, М. Я. Кречко и П. А. Гавриловым. Специалистами предложен ряд усовершенствований в тех-

нологии подготовки к использованию минеральной воды: чугунные трубы сбросной канализации заменены вскрывающимися лотками из естественного камня, которые сравнительно легче очистить от соеотложений (следует отметить, что соеотложения в лотках идут интенсивнее, чем в трубопроводах); магистральные трубопроводы постоянно содержатся наполненными водой под максимально возможным давлением, что создаст условия для более высокого содержания углекислоты; внутренняя разводка в зданиях выполняется трубами из пластика, а иногда даже из стекла, гладкая поверхность которых в начальной стадии эксплуатации медленнее зарастает солями и является коррозионно устойчивой; в отдельных местах устанавливают запорную арматуру из нержавеющей стали, а распределительную (смесители, дозаторы) из полиэтилена и т. д.

Однако эти меры нельзя считать радикальными: так, применение стекла и полиэтиленовых труб практически не всегда решает проблему соеотложений; далеко не везде удастся создать нужный режим давления в трубопроводах и совершенно невозможно его осуществить в сбросных лотках; применение нержавеющей стали — слишком дорогой вариант и др.

Таким образом, разработка мер борьбы с преждевременным износом трубопроводов и оборудования в бальнеологических учреждениях еще остается весьма актуальной.

Из табл. 1 видно, что минеральная вода на своем пути от оголовка буровой до сбросных лотков даже при значительном нарушении ее газового состава (уменьшение в 3—4 раза) теряет не более 10% солен.

Изменение состава воды

Таблица 1

Источник	Показатели анализа воды			Потери в мг/л ³		Потери в %	
	У оголовка буровой	Перед насосом	В сбросном лотке	До насоса	До сбросного лотка	До насоса	До сбросного лотка

I. Минерализация в мг/л³

Пятигорская сульфидно-углекислая (источник 2)	5200	5100	4800	100	100	2	5
Пятигорская углекислая (буровая 19)	6800	—	6100	—	100	—	6
Ессентукская углекислая (буровая 1)	7800	7000	6900	710	810	9	10

II. Содержание углекислого газа в мг/л³

Пятигорская сульфидно-углекислая (источник 2)	800	720	220	80	300	10	72
Пятигорская углекислая (буровая 19)	700	—	300	—	100	—	59
Ессентукская углекислая (буровая 1)	1500	910	500	560	1000	37	67

Примечание: анализы выполнялись Пятигорской и Ессентукской контрольно-инспекционными станциями курорта.

Сравнение состава минеральной воды у места выхода ее на световую поверхность (у оголовка буровой) и уже использованной для лечебных целей (табл. 2) показывает, что не все элементы, входящие в состав лечебной воды, с одинаковой интенсивностью выпадают в осадок.

Таблица 2

Потери солей и минеральных водах

Состав под	Анализ воды взятой у оголовка буровой	Анализ воды после использования ее в ванне	Потери солей при обработке и использовании воды	
I. Пятигорская сульфидно-углекислая вода, мг/дм³				
Катионы	$K^+ + N_2$	1118	1094	24
	Ca^{2+}	431	356	75
	Mg^{2+}	61	60	1
Анионы	Cl^-	1056	1025	31
	SO_4^{2-}	862	840	22
	HCO_3^-	1672	1425	247
II. Ессентукская углекислая вода, мг/дм³				
Катионы	$K^+ + N_2$	890	880	10
	Ca^{2+}	1010	800	210
	Mg^{2+}	230	212	18
Анионы	Cl^-	900	896	4
	SO_4^{2-}	950	938	12
	HCO_3^-	3520	3264	556

В основном в осадок выпадает карбонат и сульфат кальция, что подтверждается и химическим анализом в солеотложений, выполненным в лаборатории Ростовского института инженеров железнодорожного транспорта (РНИИЖТ)

Из табл. 1 следует, что повышением солерастворимости на 100% можно полностью устранить солеотложения в условиях значительной потери углекислоты. Меньшее повышение солерастворимости так же может дать хорошие результаты по снижению солеотложений в технологическом оборудовании и трубопроводах для транспортировки лечебной воды на небольшие расстояния, так как понижение минерализации на этих участках, как правило, не превышает 2—3%.

Второй путь борьбы с солеотложениями состоит в организованном отводе углекислоты у оголовка буровой в количестве, теряемом в настоящее время до вани, что не приведет к утрате лечебных качеств воды по сравнению с существующими. При этом должно быть организовано и удаление из воды выпавших карбонатов. Эта мера,

повидимому, приведет и к снижению коррозионной активности воды. Можно идти и по пути создания избыточного давления в трубопроводах для повышения растворимости углекислоты. Наконец, если допустить, что картина потерь газа и образования осадков сохранится неизменной при транспортировке воды, то можно пытаться воздействовать на структуру солевых отложений, облегчив их удаление. В настоящее время разрабатываются исследования безреагентных способов обработки воды [2-5]. Обнаружено, например, что магнитная обработка воды вызывает повышение растворимости труднорастворимых солей. Применение ультразвука и звуковых частот по данным РИИЖТ интенсифицирует процесс распада бикарбонатов. Эти же способы водообработки, а также влияние электрического и УВЧ полей резко изменяют структуру солевых отложений, сообщая им пластичный характер и способствуя удалению старой накипи.

Следует упомянуть, что безреагентные способы не сообщают воде никаких вредных для человека качеств, и коррозионная агрессивность воды после безреагентной обработки не увеличивается.

Изыскивая пути к снижению солевых отложений и коррозий, специалисты до сих пор старались подобрать более устойчивые к вредным влияниям воды материалы. Задача же, на наш взгляд, состоит еще и в том, чтобы непосредственно воздействовать на процессы солеотложений и коррозии путем предварительной обработки воды без изменения ее лечебных свойств.

Բ. Գ. ՏԱՏԱՐՆՈՎ, Ե. Ա. ՆԵԶԴՈՅԻՏՎՈՎԱ

ՀԱՆՔԱԶԲԱՏԱՐ ԵՌՈՂՈՎԱԿՆԵՐՈՒՄ ԱՂԱԿՈՒՏԱԿՄԱՆ ԵՎ ԿՈՐՐՈԶԻԱՅԻ
ՀԱՐՑԻ ԻՍՍՈՒՆ

Ա Վ Փ Ո Փ Ո Ւ Վ

Առողջարաններում հիվանդների բուժման համար օգտագործվող հանրաշին ջրերի փոխադրման ժամանակ հանրաշրատար խողովակներում աղակուտակման և կորոզիայի երևույթներ են նկատվում, որոնք տնտեսական մեծ վնաս են բերում:

Հողվածում հնդինակները բնդհանրացնում են մետաղյա խողովակներում նկատվող կորոզիայի և աղակուտակման երևույթների վերաբերյալ եղած ամբողջ փորձը և հիմնավորում են այդ ուղղությամբ կատարվելիք աշխատանքների անհրաժեշտությունը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Гаврилов Н. А. Бальнеотехника. Медгиз, 1959.
2. Миненко М. И. и др. О влиянии магнитных полей на свойства природных вод. Промышленная энергетика, № 5, 1962.
3. Хайдаров Г. З., Горбачко И. В. Методика исследования и контроль эффективности магнитной обработки воды. Машиностроение и энергетика Казахстана, № 6, 7, 8, 9, 1962.
4. Скоробогатина В. И. Некоторые особенности действия магнитного поля на накипеобразование при минерализации жесткой воды. Труды Московского института инженеров железнодорожного транспорта, вып. 165, 1963.
5. Татарнинов Б. И., Карин Е. А. Исследования некоторых вопросов обработки воды и магнитном поле. Тр. Ростовского института инженеров железнодорожного транспорта, вып. 16, 1960.