

УДК 621.433.2

Бойдадаев Муротбек Бойдада угли, доцент кафедры «Инжиниринг транспортных средств», Наманганский инженерно-строительный институт. e-mail: murotboy@mail.ru тел: 998945087899

ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОБАЛЛОННЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПРИ АНОМАЛЬНО НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ В УЗБЕКИСТАНЕ

Аннотация. При оценке особенностей эксплуатации автотранспортных средств на газовых топливах должны быть учтены несколько факторов, таких как: климатические условия региона, условия хранения автотранспорта. Рассмотрены способы конвертации двигателей для работы на газовом топливе, типы систем питания, описаны условия безопасного хранения автотранспортных средств и предложены способы стимулирования перевода автотранспортных средств на газомоторные топлива.

Ключевые слова: газобаллонные автотранспортные средства, конвертация двигателей, безопасность хранения газобаллонных автотранспортных средств, СНГ, СПГ.

Под газовыми топливами принято понимать углеводородные газы естественного и искусственного происхождения. К газам естественного происхождения относятся сжиженные углеводородные (или сжиженные нефтяные) газы и природный газ. На сегодняшний день для использования в качестве моторных топлив доступны следующие газовые топлива – сжиженный углеводородный газ – СУГ (пропан-бутан); сжатый (компримированный) природный газ (КПГ) и сжиженный природный газ (СПГ). В таблице 1 приведены свойства газовых топлив, а в таблице 2 приведены действующие стандарты на газовые топлива.

При выборе вида газового топлива для автотранспорта, эксплуатируемого в условиях аномально низких температур, следует учитывать следующие факторы:

- возможность надежного запуска двигателя при низких температурах;
- агрегатное состояние газового топлива в широком диапазоне температур окружающей среды (давление насыщенных паров);
- наличие сети заправочных станций;

- наличие инфраструктуры технического обслуживания и ремонта;
- возможность получения наибольшего экономического эффекта в части снижения эксплуатационных расходов и главным образом за счёт более низкой рыночной стоимости газового топлива;
- минимальное ухудшение потребительских качеств автотранспортного средства (АТС) (из-за увеличения массы и объёма системы хранения).

Таблица 1

Состав и основные теплофизические свойства газовых топлив и бензина

Параметры	Метан	Пропан	Бензин
Кажущаяся молекулярная масса	16,0	44,0	114,3
Плотность газовой фазы при н.у., кг/м ³	0,714	1,964	5,103
Теплота сгорания, низшая, кДж/кг	51258	46555	44333
Теоретически необходимое для сгорания кол-во воздуха, кг/кг (м ³ /м ³)	17,24 (9,52)	15,68 (23,81)	14,94 (58,93)
Расчетная теплота сгорания кДж/м ³	36 613	91 447	226 215
Теплота сгорания 1 моля стехиометрической смеси(кДж/моль)	3402	3667	3775
Октановое число (ОЧИ)	115	110	92

Таблица 2

Стандарты на газовые топлива

ГОСТ 27577-2000	Газ природный, топливный, сжатый для двигателей внутреннего сгорания. Технические условия
ГОСТ Р 52087-2003	Газ углеводородный, сжиженный, топливный. Технические условия.
ГОСТ 20448-90	Газы углеводородные, сжиженные, топливные для коммунально-бытового потребления. Технические условия
ГОСТ Р 56021-2014	Газ горючий природный сжиженный топливо для двигателей внутреннего сгорания и энергетических установок. Технические условия

В таблице 3 представлены основные сравнительные характеристики газового моторного топлива.

После выбора типа используемого топлива необходимо определиться с методом конвертации АТС для работы с газовым топливом. Существует несколько способов конвертации бензиновых и дизельных двигателей для

работы на газовом топливе. В зависимости от типа АТС и условий его эксплуатации, в настоящее время нашли применение четыре способа конвертации, а именно:

Конвертация в однотопливные АТС – данный способ характеризуется наличием системы питания, которая обеспечивает работу двигателя только на газе. На АТС устанавливаются специальные модификации двигателей с конструктивными элементами, обеспечивающими наиболее эффективное использование газовых топлив.

Таблица 3

Сравнительные характеристики газового топлива

Показатели	СУГ	КПГ	СПГ
Отношение расхода топлива, к эквиваленту 1 л бензина	1,18 л	0,9 м ³	1,52 л
Пробег без дозаправки (на 50 л), км	450	210-330	450
Весогабаритные характеристики оборудования	Баллоны стальные Р=1,6 МПа. Объем 50-65л. Вес 21-27 кг.	Баллоны стальные Р=19,6 МПа. Объем 250-350 л. Вес 200-245 кг	Криогенный бак Объем 50-260л Вес 45-145 кг.
Сеть автозаправок	Сеть АГНС способна удовлетворить имеющийся спрос	Недостаточно развита (имеющиеся 213 АГНКС загружены на 10-15%)	Сеть способна удовлетворить имеющийся спрос

Конвертация в однотопливные АТС с резервной системой питания – данные АТС оснащаются дополнительной (резервной) системой питания, допускающей кратковременную работу двигателя на бензине (например, при запуске холодного двигателя, на холостом ходу и малых нагрузках, в случае израсходования запаса основного топлива или в особых условиях эксплуатации).

Конвертация в двухтопливные АТС с независимым питанием двигателя одним из топлив – при этом способе на АТС имеются две системы питания, допускающие полноценную работу двигателя, как на газе,

так и на бензине. Перевод двигателя с одного топлива на другое осуществляется переключением выбора вида топлива.

Конвертация в двухтопливные АТС с одновременной подачей двух топлив. На сегодняшний день практическое применение такие системы получили для АТС с дизельными двигателями, и интерес к ним до сих пор достаточно стабилен. Особенностью данной системы питания является система раздельного хранения топлив, а также возможность отключения подачи газа и полноценная работа на дизельном топливе.

Далее рассмотрим подробнее особенности конвертации бензиновых и дизельных двигателей для использования газовых топлив.

Автомобили с бензиновыми двигателями.

При конвертации бензиновых двигателей определились два варианта.

Первый – двухтопливный двигатель. В этом случае конвертация сводится практически только к установке на базовый двигатель дополнительной газовой системы питания.

Второй вариант – однотопливная модификация с резервной системой питания на бензине. В этом случае двигатель и его системы оптимизированы для достижения наилучших показателей на газе. Бензиновая система питания позволяет передвигаться в аварийном режиме.

В связи с отсутствием широко развитой инфраструктуры заправки и сервисного обслуживания перевод бензиновых двигателей легковых и лёгких коммерческих автомобилей, находящихся в частном владении, на газовые топлива ещё достаточно длительное время будет происходить по двухтопливной схеме. Такие двигатели должны полноценно работать как на бензине, так и на газе. Поэтому, ни каких доработок двигателя здесь проводиться не будет. Перевод на газовое топливо будет осуществляться путём установки дополнительной газовой системы питания с системой управления, обеспечивающей коррекцию программного обеспечения для конкретного автомобиля в процессе установки оборудования. Это в равной степени относится и к выпуску газобаллонных автомобилей с заводского

конвейера, так и в случае их переоборудования в эксплуатации. Такие системы обеспечивают выполнение современных требований по экологии как при работе на бензине, так и на газе.

Автомобили с дизельными двигателями.

В мировой и отечественной практике существуют два способа конвертации дизельных двигателей в газовые [1].

Первый способ – это конвертация дизельного двигателя в газовый однотопливный двигатель с принудительным (искровым) зажиганием. Такой способ конвертации предполагает снижение степени сжатия и регулирование мощности дросселированием. В связи с этим основная категория АТС, переводимых на газовое топливо таким способом – это городской общественный транспорт и коммунальная техника, работающая на небольшом удалении от газозаправочных станций. Эта концепция получила на сегодняшний день наибольшее распространение в мире при замене, выработавшей свой ресурс техники с дизельными двигателями, на новую технику с однотопливными газовыми двигателями. В газовых двигателях, конвертируемых таким способом из дизелей может быть реализован и цикл Миллера в сочетании с высоким турбонаддувом, обеспечивающий возможность повышения геометрической степени сжатия и соответствующее увеличение КПД. Для исключения детонационного сгорания цикл Миллера предполагает раннее (или позднее) закрытие впускного клапана для уменьшения эффективной (действительной) степени сжатия.

Второй способ предполагает конвертацию дизельного двигателя в двухтопливный двигатель (газодизель) с воспламенением от сжатия с одновременной работой на двух топливах. При этом сохраняется возможность работы только на дизельном топливе без ухудшения эксплуатационных качеств. При конвертации дизельного двигателя в газодизельный сохраняется высокая степень сжатия и качественное регулирование мощности, что благоприятно сказывается на его

экономических и мощностных характеристиках. К числу достоинств второй концепции конвертации дизельных двигателей в газовые можно отнести и возможность перевода на газовое топливо автотранспорта, уже находящегося в эксплуатации. Это достоинство позволит в более короткий срок перевести на газовое топливо большой парк АТС, не дожидаясь замены дизельной автотехники по мере выработки ими ресурса, на технику с газовыми двигателями.

При конвертации дизельного двигателя в газовый используя современные системы нейтрализации достигаются более высокие экологические показатели, по сравнению с базовым дизельным двигателем.

По конструктивному исполнению газовые системы питания можно разбить на два крупных подкласса:

- газовая аппаратура эжекторного типа.
- впрысковая (инжекторная) газовая аппаратура с микропроцессорной системой управления.

Так как газовая аппаратура эжекторного типа практически не используется, в связи выводом из эксплуатации карбюраторных двигателей, то наибольшее распространение в газовых двигателях с искровым зажиганием получила впрысковая (инжекторная) газовая аппаратура с микропроцессорной системой управления, которая начала активно внедряться с появлением впрысковых бензиновых систем. Поскольку выяснилось, что впрысковые бензиновые системы позволяют прогрессировать с точки зрения выполнения действующих и перспективных требований по экологии. Благодаря развитию конструкций газовых форсунок (быстродействие, стабильность и ресурс) в совокупности с стало возможным достижение возрастающих требований по экологии. [2].

При использовании газобаллонных АТС в условиях низких температур необходимо учитывать особенности их безопасной эксплуатации.

Хранение газобаллонных автомобилей может осуществляться как на площадках открытого типа, так и в закрытых помещениях (гаражах), соответствующих требованиям, предъявляемым к автомобильным стоянкам. Категории помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности должны соответствовать требованиям действующих норм пожарной безопасности. В многоэтажных зданиях и сооружениях, предназначенных для хранения автомобилей, работающих на нефтяном и газовом топливе, газобаллонные автомобили следует располагать на верхних уровнях.

Автостоянки и гаражи для газобаллонных автомобилей, работающих на КПП не допускается встраивать в здания иного назначения или располагать ниже уровня земли. Открытые площадки для хранения газобаллонных автомобилей должны иметь твердое покрытие и уклоны – в продольном направлении не более 1%, в поперечном – не более 4%, их допускается оборудовать средствами беспламенного подогрева, в том числе с помощью низкотемпературных (беспламенных) газовых горелок, для облегчения запуска двигателей в холодное время (при температуре окружающего воздуха ниже минус 5°C) при условии исключения нагрева газовых баллонов, установленных на газобаллонных автомобилях. При хранении автомобиля на открытой площадке останавливать двигатель следует выключением зажигания. Запуск двигателя на КПП после длительной стоянки должен производиться при открытом капоте.

При хранении автомобиля в закрытом помещении необходимо соблюдать следующий порядок въезда и выезда:

- перед въездом в гараж перекрыть расходный вентиль, выработать газ из системы до остановки двигателя, запустить двигатель на бензине (на дизтопливе) и все перемещения внутри гаража осуществлять только на бензине (на дизтопливе);
- при выезде из гаража двигаться только на бензине (на дизтопливе) и переводить двигатель на газ только после выезда из помещения, открыв

предварительно расходный вентиль. Открывать вентиль допускается только вне помещения.

Шаги по расширению масштабов применение газовых топлив сдерживаются комплексом взаимосвязанных факторов.

Одним из сдерживающих факторов в настоящее время является отсутствие законодательства, стимулирующее производство и использование газомоторных топлив. Практически устарела нормативная база по требованиям к условиям безопасной эксплуатации газобаллонных АТС. Еще одним сдерживающим фактором являются большие капитальные затраты на переоборудование АТС и автотранспортных предприятий.

Современные сервисные автомобильные организации зачастую не имеют специализированного оборудования по регулировке и ремонту автомобилей и двигателей, работающих на газомоторном топливе, что в итоге приводит к отрицательному экономическому эффекту от применения газомоторных топлив. Поэтому необходима организация специализированных предприятий по сервису для конкретных категорий АТС. В случае, если для данной категории АТС, потенциально предполагаемой для перевода на газовые топлива в данном регионе доказана возможность получения экономического эффекта, то для преодоления указанных выше сдерживающих факторов возможно принятие специальных мер на региональном уровне.

Организационные меры стимулирования использования газовых топлив:

- запрет на использование дизельного топлива и бензина на муниципальных автобусах и мусороуборочных автомобилях;

- запрет на строительство АЗС без блока заправки автомобилей газовым топливом (природным газом или СУГ). На первом этапе в крупных городах с населением более 1 млн. чел., на дорогах краевого и областного значения.

–нераспространение на автомобили, работающие на природном газе, запрета на въезд в природоохранные зоны и зоны массового отдыха трудящихся.

–обязательное приобретение бюджетными организациями автомобилей, работающих на природном газе при обновлении подвижного состава предприятий и организации (медицина, милиция и пр.);

–предоставление предприятиям, использующим природный газ, преимущественного права на получение государственного, муниципального заказа.

–предоставление предприятиям, использующим природный газ, преимущественного права на получение дотаций на компенсацию затрат на топливо (например, в сфере сельскохозяйственного производства).

Экономические меры стимулирования использования газовых топлив:

–выделение дотаций на приобретение автомобилей, работающих на природном газе, оборудования для перевода транспорта на газовые топлива и строительство многотопливных АЗС с блоками заправки автомобилей газовым топливом.

–компенсация банковских процентов по кредиту на переоборудование техники для работы на природном газе;

–компенсация части затрат на переоборудование автомобилей для работы на природном газе.

Список использованных источников

1. Головкин, А.Б. Формирование и статистическая оценка показателей качества услуг автосервиса: автореферат дисс. канд. техн. наук /А.Б. Головкин. – Москва, 2010. – 15 с.
2. Калинин, М. А.Малярно-кузовное программирование / М.А. Калинин // Правильный автосервис. – 2015. – №127. – с. 39– 42
3. Соболевский, А. В. Кто виноват, и что делать / А.В. Соболевский // Кузов. – 2016. – №54. – с. 15– 17

4. Толмачев, И.А., Пиасто и др. Ремонтная окраска автомобилей /И.А. Толмачев. – Спб.: Химия, 1992 г. – 124 с.
 5. Akbarov, I. G., Negmatov, S. S., & Boydadaev, M. B. (2020). Issledovanie osobennostey i fizikokhimicheskix svoystv nemodifitsirovannyx neftyanyx bitumnyx materialov. Universum: Texnicheskie nauki: elektron. nauchn. jurn, 2, 71.
 6. Negmatov, S. S., Munavvarkhanov, Z. T., Boydadaev, M. B., & Madraximov, A. M. (2021). Setting Time of Powder Composites and the Effect of Chemical Reagents. In Key Engineering Materials (Vol. 899, pp. 675-680). Trans Tech Publications Ltd.
 7. Эргашев, М., Бойдадаев, М., & Шахобиддинов, Х. (2021). Обзор основных систем и стратегий технического обслуживания и ремонта автомобильного транспорта и их составных частей. Scientific progress, 2(2), 142-148.
-

Boydadaev Murotbek Boydada Ugli, Associate Professor, Department of Vehicle Engineering, Namangan Engineering and Construction Institute.e-mail: murotboy@mail.ru tel: 998945087899

OPERATION OF GAS CYLINDER VEHICLES AT ABNORMALLY LOW TEMPERATURES IN UZBEKISTAN

Abstract. When assessing the characteristics of the operation of vehicles using gas fuels, several factors must be taken into account, such as: climatic conditions of the region, storage conditions of vehicles. Methods for converting engines to run on gas fuel, types of power systems are considered, conditions for the safe storage of vehicles are described, and ways to encourage the conversion of vehicles to gas engine fuels are proposed.

Key words: gas-cylinder vehicles, engine conversion, safety of storage of gas-cylinder vehicles, LPG, LNG.

УДК 691

*Замилова А.М., магистрант 2-го года обучения, Набережночелнинский институт,
ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»*

*Маврин Г.В., кандидат химических наук, доцент, Набережночелнинский
институт, ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»*

*Харлямов Д.А., кандидат технических наук, доцент, Набережночелнинский
институт ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»*

ОСОБЕННОСТИ ЭМИССИИ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ЭЛЕМЕНТОВ СОЛЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Аннотация: В этой статье рассматриваются особенности эмиссии подвижных форм элементов солевых отложений, строительных растворов и СР, содержащих СО. Изучены трансферы в водную среду как всех подвижных форм солевых отложений и ингредиентов основного материала, так и ряда тяжелых металлов. Показано, что добавление СО к СР не вызывает увеличения эмиссии подвижных форм основных компонентов композиционных смесей.

Ключевые слова: солевые отложения, минерализация, атомно-эмиссионная спектроскопия, загрязнение окружающей среды, отходы.

В настоящий момент мир сталкивается с серьёзными экологическими проблемами, связанными с образованием отходов и неадекватным сбором, транспортировкой, обработкой и уничтожением отходов [1]. Современные системы в большинстве стран мира не могут справиться с объёмами отходов, образующимися в результате антропогенной деятельности, и это сказывается на окружающей среде и общественном здоровье. Переработка и утилизация отходов позволяет экономить и сохранять природные ресурсы, материалы и энергию. Отходы имеют чрезвычайное разнообразие по свойствам и потенциалу для изготовления продукции с полезными свойствами. Примером такого отхода являются отслужившие трубы горячего водоснабжения с накопившимися солевыми отложениями (СО) на внутренней поверхности в результате длительной эксплуатации труб. Переплавка железных труб без удаления СО приводит к низкокачественному продукту. Отложения накипи существенно снижают пропускную способность трубы, теплопередающую способность теплообменников и, как

следствие, увеличивает энергозатраты системы в целом. Такие трубы следует своевременно выводить из эксплуатации по причине возрастающей техногенной и экологической опасности.

Объектом исследования являются солевые отложения труб горячего водоснабжения и цементные строительные материалы. Предметом исследования служат показатели минерализации, характеризующие динамику растворения подвижной формы в дистиллированную и водопроводную воду, а также эмиссия загрязняющих водные объекты элементов в подвижной форме.

Цель работы заключается в природоохранном обосновании возможности применения солевых отложений труб горячего водоснабжения в производстве цементных строительных материалов посредством изучения минерализации и атомно-эмиссионного анализа исследования эмиссии тяжелых металлов в водную фазу из солевых отложений и строительных растворов, изготовленных с добавлением солевых отложений.

За эмиссией электролитов наблюдали кондуктометрическим методом, измеряя удельную электропроводность декантата и рассчитывая относительную минерализацию водной фазы после каждого встряхивания (ступенчатая минерализация, Md). Md отражает ту концентрацию электролитов, что образовалась в результате эмиссии веществ из твердой в жидкую фазу при данном из пяти встряхиваний.

Извлечение солей можно характеризовать величиной ступенчатой деминерализации (Dm), которая означает количество удаляемых солей в миллиграммах, отнесенное к 1 и 5 г образцов солевых отложений (СО), строительных растворов (СР), и строительных растворов с добавлением солевых отложений (СРСО) и рассчитывается из минерализации декантата по формуле:

$$Dm(\text{мг/г}) = \frac{Md \cdot V}{m}, \quad (1)$$

где $V = 0,1 \text{ дм}^3$ - объем воды для суспензии в литрах, m - масса образцов в граммах.

Dm отражает содержание подвижных форм электролитов в твердых материалах, часть из которых представляют собою загрязняющие вещества.

Расчет деминерализации по нарастающей ($Dm^\wedge$), проводили сложением величины деминерализации по соответствующим стадиям по формуле:

$$Dm^\wedge(встр) = Dm^1 + Dm^{(2-5)}, \quad (2)$$

где индексы «1, 2-5» отвечают стадиям встряхивания.

Результаты ступенчатой минерализации декантата СО, СР и СРСО в дистиллированной и водопроводной водах приведены в таблице 1.

Таблица 1

Ступенчатая минерализация суспензий СО, СР и СРСО при пятикратном встряхивании (массой 1 г и 5 г в 100 мл дистиллированной и водопроводной воды)

Суспензия ^{а)}	Минерализация декантата, Md (мг/л)				
	1 встр.	2 встр.	3 встр.	4 встр.	5 встр.
СОд, 1 г	35,2	16,7	16,4	11,8	10,3
СОд, 5 г	113,2	55,1	26,9	19,4	16,4
СОВ, 1г	15,9	5,9	5,6	4,1	1,9
СОВ, 5г	61,4	11,2	6,5	6,5	3,2
СРд, 1г	437	280,5	148,6	103,4	65,6
СРд, 5г	860	756	546	484	388
СРв, 1 г	52,7	-	-	-	-
СРв, 5 г	534	146	94	54	38
СРСОд, 1г	338	198,8	195,3	146,6	125,6
СРСОд, 5г	621	452	450	379	374
СРСОВ, 1 г	47,7	-	-	-	-
СРСОВ, 5 г	263	119	55	32	4

Примечание: а) – СОд - суспензия солевых отложений в дистиллированной воде; СОВ- суспензия солевых отложений в холодной водопроводной воде; СРд – строительный цементный раствор без добавления отхода в дистиллированной воде; СРСОд - строительный цементный раствор с добавлением солевых отложений в дистиллированной воде; СРв – строительный цементный раствор без добавления отхода в холодной водопроводной воде; СРСОВ - строительный цементный раствор с добавлением солевых отложений в холодной водопроводной воде.

По результатам анализа декантатов 1-ого встряхивания имеем следующие ряды исследуемых материалов в порядке увеличения минерализации декантатов (Md):

1) для суспензии 1 г в 100 мл: $CO_{\text{в}} < CO_{\text{д}} < CPO_{\text{в}} < CP_{\text{в}} < CPO_{\text{д}} < CP_{\text{д}}$

2) для суспензии 5 г в 100 мл: $CO_{\text{в}} < CO_{\text{д}} < CPO_{\text{в}} < CP_{\text{в}} < CPO_{\text{д}} < CP_{\text{д}}$

В целом, трансфер электролитов в водную среду наименьший для солевых отложений и наибольший для цементных строительных растворов без добавления солевых отложений. Таким образом, можно сделать однозначный вывод, что по совокупной минерализации водных объектов солевые отложения труб горячего водоснабжения делают цементные строительные материалы менее проблемными, чем материалы без добавления отходов. Конечно, остается вопрос с конкретными тяжелыми металлами, что требует дополнительных исследований.

Динамика минерализации водных вытяжек CO , CP и CPO для дистиллированной и водопроводной воды для суспензий с разным содержанием дисперсной фазы приведена на рисунке 1. Во всех случаях трансфер CO не заканчивается при 1-ом встряхивании и происходит при последующих встряхиваниях с определенным «затуханием».

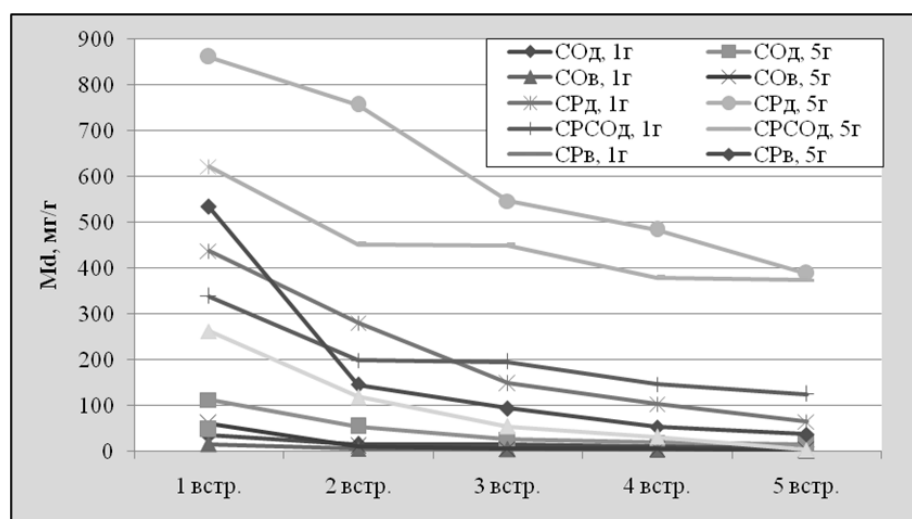


Рис. 1 Изменение ступенчатой минерализации декантата CO , CP и CPO (Md , мг/л) при пятикратном встряхивании суспензий массой 1 г и 5 г в 100 мл дистиллированной и водопроводной воды)

В дистиллированной воде при первом встряхивании вымывается для СО_{д,5г} – 49% солей от суммы за пять встряхиваний, для СР_{д,5г} – 28% и для СРСО_{д,5г} – 27%. В водопроводной воде на первую стадию приходится больше половины трансфера от пяти стадий встряхивания: СО_{д,5г} – 69%, СРСО_{в,5г} – 56% и СР_{в,5г} – 62%. Таким образом, трансфер солевых веществ в водопроводную (то есть относительно минерализованную) воду происходит в меньшей степени, чем в дистиллированную воду, и завершается при меньших количествах стадий встряхивания. Это важно учитывать как при «обезвреживании» солевых отложений посредством обработки водой, так и при рассмотрении вопроса загрязнения водных объектов при переработке и/или использовании солевых отложений при изготовлении продукции с полезными свойствами.

Значения D_m , рассчитанные по данным таблицы 1, приведены в таблице 2.

Таблица 2

Ступенчатая деминаерализации D_m СО, СР и СРСО при каждом из пяти
встряхиваний суспензий (массой 1 г и 5 г в 100 мл дистиллированной и
водопроводной воды)

Суспензии	Ступенчатая деминаерализация образцов (D_m), мг/г				
	1 встр.	2 встр.	3 встр.	4 встр.	5 встр.
СО _{д, 1 г}	3,5	1,7	1,6	1,2	1,0
СО _{д, 5 г}	2,3	1,1	0,5	0,4	0,3
СОВ, 1г	1,6	0,6	0,6	0,4	0,2
СОВ, 5г	6,1	1,1	0,7	0,7	0,3
СР _{д, 1г}	43,7	28,1	14,9	10,34	6,6
СР _{д, 5г}	17,2	15,1	10,9	9,7	7,8
СРСО _{д, 1г}	33,8	19,9	19,5	14,7	12,6
СРСО _{д, 5г}	12,4	9,04	9	7,6	7,5
СР _{в, 1 г}	5,3	-	-	-	-
СР _{в, 5 г}	10,7	2,9	1,9	1,1	0,8
СРСОВ, 1 г	4,8	-	-	-	-
СРСОВ, 5 г	5,3	2,4	1,1	0,6	0,1

Величина Dm технологически важна для расчета параметров технологических процессов переработки солевых отложений труб ГВС.

Деминерализация (Dm) образцов СО, СР и СРСО не суммируется, а относится к каждой стадии встряхивания по отдельности. В целом величина ступенчатой деминерализации образцов уменьшается в ряду СР (1 г) > СРСО (1 г) > СР (5 г) > СРСО (5 г) > СРВ (5 г) > СОВ (5 г) > СРВ (1 г) и СРСОВ (5 г) > СРСОВ (1 г) > СОД (1 г) > СОД (5 г) > СОВ (1 г).

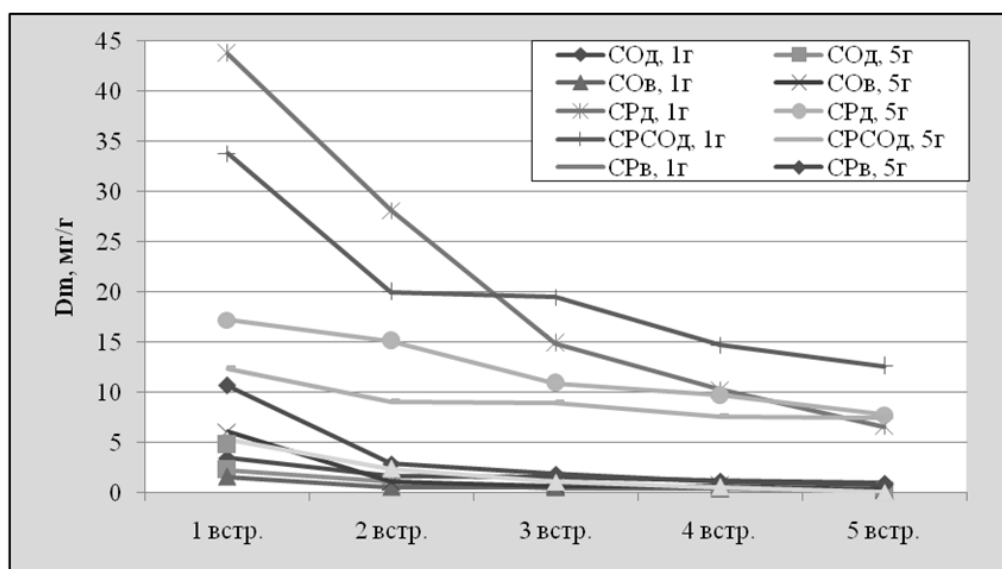


Рис. 2. Удельная деминерализация СО, СР и СРСО (Dm , мг/г) при пятикратном встряхивании суспензий массой 1 и 5 г в 100 мл дистиллированной и водопроводной воды

При пятикратном встряхивании образцов СО происходит резкое снижение деминерализации на 1 стадии, в последующих встряхиваниях СО 1 и 5 граммов практически не изменяется. На стадиях 1-3 контрольного образца СР в 1 грамм резко снижается деминерализация. У образца СРСО это происходит при первом встряхивании. Образцы СР и СРСО по 5 грамм при пятикратном встряхивании изменяют деминерализацию плавно.

В качестве факта можно отметить, что в дистиллированной воде удельная деминерализация более интенсивно происходит при встряхивании суспензии с меньшим содержанием твердой фазы (более разбавленная суспензия, когда на единицу количества дисперсной фазы приходится больше дисперсионной среды), а в водопроводной воде наоборот – удельный трансфер преобладает для более

концентрированной суспензии, когда на единицу количества твердой фазы приходится меньше воды. Это важно при выборе композиционных составов технологических смесей материалов при обработке солевых отложений труб ГВС водами различных составов.

Результаты расчета по данным таблицы 2 ступенчатой минерализации (Dm^n) декантата СО, СР и СРСО приведены в таблице 3.

Величина Dm^n возрастает по мере увеличения количества стадий встряхивания для всех исследуемых образцов, что исключает преобладание осаждения солей над растворением. Величина Dm^n (5встр) означает содержание того подвижного количества солей в 1 г солевых отложений, а также СР и СРСО, которое переходит в водную фазу в результате обработки порошков твердых материалов пятью тридцатиминутными встряхиваниями с заменой воды после каждого встряхивания.

Таблица 3

Нарастающая деминерализация (Dm^n) СО, СР и СРСО при пятикратном
встряхивании суспензий (массой 1 и 5 г в 100 мл дистиллированной и
водопроводной воды)

Суспензии	Ступенчатая деминерализация образцов (Dm^n), мг/г				
	1 встр.	2 встр.	3 встр.	4 встр.	5 встр.
СО _д , 1г	3,5	5,2	6,8	8,0	9,0
СО _д , 5г	2,3	3,7	3,9	4,3	4,6
СО _в , 1г	1,6	2,2	2,8	3,2	3,4
СО _в , 5г	6,1	7,2	7,9	8,6	8,9
СР, 1г	43,7	71,8	86,6	96,9	103,5
СР, 5г	17,2	32,3	43,2	52,9	60,7
СРСО, 1г	33,8	53,7	73,2	87,9	100,4
СРСО, 5г	12,4	21,5	30,5	38,04	45,5
СР _в , 1 г	5,3	-	-	-	-
СР _в , 5 г	10,7	13,6	15,5	16,6	17,4
СРСО _в , 1 г	4,8	-	-	-	-
СРСО _в , 5 г	5,3	7,7	8,8	9,4	9,5

Из таблицы 3 следует, что СОд в 1 г содержит 9 мг подвижных солей, (т.е. более 0,9%), СОв - более 0,3%, образцы строительных материалов в дистиллированной воде СР - более 10,4 %, СРСО - более 10,1%, а водопроводной воде массой 5 г СРв и СРСОв содержат более 1,7% и 1%, соответственно.

Графически нарастающая деминерализация в процессе эмиссии солей из СО, СР и СРСО изменяется согласно рис. 3. При этом скорость деминерализации снижается по мере уменьшения содержания солей в образцах.

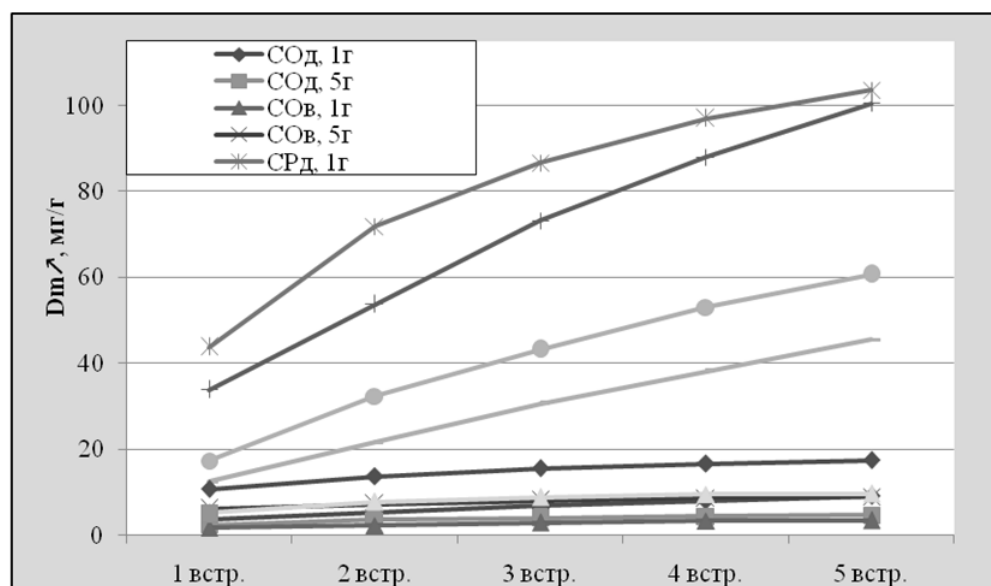


Рис. 3. Нарастающая деминерализация СО, СР и СРСО (Dm^{∞} , мг/г) при пятикратном встряхивании суспензий массой 1 и 5 г в 100 мл дистиллированной и водопроводной воды)

Таким образом, эмиссия подвижных форм электролитов интенсивнее происходит в суспензиях строительных растворов с и без солевых отложений. Для более полного вымывания солей потребовалось пятикратное встряхивание суспензий.

Увеличение минерализации водопроводных вод в результате встряхивания суспензий СО не значительно и отвечает ультрапресному содержанию солевых веществ, то малому загрязнению.

Легко предположить, что часть эмиссии электролитов из СР и СРСО в водную фазу обусловлена трансфером соединений тяжелых металлов, относящихся к загрязняющим веществам. Учет такого трансфера может дать более правильную информацию о потенциальной опасности материала СР и СРСО для оценки воздействия на водные объекты.

Средой для изучения эмиссии тяжелых металлов из твердых растворов с и без солевых отложений в настоящей работе берется вода в виде дистиллированной воды и ацетатно-аммонийного буферного раствора, на основе которых делаются водные и ацетатно-аммонийные вытяжки.

Были приготовлены два образца строительных растворов: строительный раствор «СР» (цемент ПЦ 400, песок, вода), взятый как контрольный образец и образец строительного раствора с добавлением солевых отложений «СРСО» (цемент ПЦ 400, песок, солевые отложения, вода).

Из этих образцов взяли две водные вытяжки (ВВ) и две ацетатно-аммонийные (АА) вытяжки для изучения эмиссии ТМ в водную фазу.

При измерении водородного показателя и минерализации ВВ СР и СРСО установлено, что СО не ухудшает кислотно-основные свойства строительного раствора с природоохранной точки зрения, а минерализация не превышает нормативов по воде ввозных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового значения. Миграция электролитов в совокупности в водную среду из СРСО происходит в меньшей степени, чем из СР.

Для оценки объемов эмиссии ТМ из СР и СРСО проводили количественные определения ТМ в ВВ и АА вытяжках методом атомно-эмиссионной спектроскопии. Средством измерения является оптический эмиссионный спектрометр с индуктивно-связанной плазмой Agilent 720. При анализе вытяжек определялось содержание в вытяжках 25 элементов, часть из которых наиболее распространены в почвах и стройматериалах, а другие отличаются высокой токсичностью.

Сводные результаты количественного анализа вытяжек приведены в таблице 4. В каждой вытяжке определялись 25 элементов, из которых 6-9

элементов в ВВ вытяжках и 115-17 элементов в АА вытяжках превышают нижний предел обнаружения (НПО). Выявлено превышение предельно допустимых концентраций ТМ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования($N^{(>1)}_{КПВ}$) [2] и предельно допустимых концентраций ТМ в воде водных объектов рыбохозяйственного назначения($N^{(>1)}_{КРХ}$) [3].

Таблица 4

Сравнение сумм показателей водной и ацетатно-аммонийной вытяжки СО, СР и СРСО по содержанию и коэффициентам концентраций тяжелых металлов

Показатель	ВВ (СО)	ВВ (СР)	ВВ (СРСО)	АА (СО)	АА (СР)	АА (СРСО)
N^C_{Σ}	25	25	25	25	25	25
$\Sigma^n C, \text{мг/л}$	107,3	144,2	151,8	4577,5	5266,1	5119,9
$\Sigma^6 C, \text{мг/л}$	107	144,0	151,8	4554,6	5258,8	5109,3
$N^C_{\Sigma(\text{НПО})}$	9	6	7	15	16	17
$\Sigma(K_{ПВ})$	34,6	40,5	42,4	5251,2	2210	2031
$\Sigma^6(K_{ПВ})$	34,5	40,5	42,4	5332,7	2203	2024
$N^{\Sigma}_{K_{ПВ}(\text{НПО})}$	9	6	7	15	15	16
$N^{(>1)}_{K_{ПВ}}$	4	4	3	12	12	10
$\Sigma(K_{РХ})$	83,4	14,6	14,6	30526,1	4995	4974
$\Sigma^6(K_{РХ})$	83,2	14,6	14,6	30433,9	4898	4904
$N^{\Sigma}_{K_{РХ}(\text{НПО})}$	8	6	7	14	15	16
$N^{(>1)}_{K_{РХ}}$	5	2	4	14	15	16

Трансфер тяжелых металлов из солевых отложений в водную фазу количественно резко возрастает (суммарно почти в 10 раз), если вместо дистиллированной воды для встряхивания суспензий взять аммонийно-ацетатный (АА) буферный раствор. Сумма концентраций металлов в водных вытяжках СР в 6 раз, а СРСО в 4 раза меньше общей концентрации электролитов. Сумма концентрации ТМ в АА вытяжках СР и СРСО больше суммы концентраций в водной вытяжке в 37 и 34 раза, соответственно. Более

99 % загрязнений питьевой воды и воды рыбохозяйственного назначения ТМ СО, СР и СРСО приходится на 6 приоритетных элементов ТМ. При сравнении сумм концентраций шести приоритетных элементов тяжелых металлов ВВ и АА вытяжек солевых отложений по питьевой воде и воде рыбохозяйственного назначения выявляются значительные различия в 29 и 37,6 раз, соответственно. Различия между СР и СРСО по сумме концентраций шести приоритетных элементов ТМ ВВ и АА вытяжек как по питьевой воде, так и по воде рыбохозяйственного назначения малозначительны.

Ряды приоритетности ТМ в вытяжках СР, СР и СРСО с указанием вклада шести приоритетных элементов, которые выделены жирным шрифтом, представлены в таблице 5.

Таблица 5

Приоритетность тяжелых металлов в вытяжках СО, СР и СРСО с указанием вклада в % шести приоритетных металлов в соответствующий суммарный показатель обнаруженных ТМ в пробах водных и ацетатно-аммонийных
вытяжках

Твердая фаза	Дисперсионная среда	Показатель	Приоритетность
СО	водная	С	Ca (84,25%), Mg (12,6%), Fe (1,5%), Si (1,04%), Al (0,2%), Mn (0,17%)
СР	водная	С	Ca (86,02%) Si (13,04%) Mg (0,39%) Al (0,29%) Sr (0,22%) Cr (0,04%)
СРСО	водная	С	Ca (87,07%) Si (12,05%) Mg (0,42%) Al (0,26%) Sr (0,16%) Cr (0,02%) Sb (0,01%)
СО	водная	Кпв	Ca (74,5%), Fe (15,6%), Mn (5,2%), Al (3,18%), Mg (0,78%), Si (0,29%), Zn, Cu, Sr
СР	водная	Кпв	Ca (87,40%) Al (5,14%) Si (4,64%) Cr (2,68%) Sr (0,11%) Mg (0,03%)
СРСО	водная	Кпв	Ca (89,14%) Al (4,71%) Si (4,32%) Cr (1,26%) Sb (0,45%) Sr (0,08%) Mg (0,03%)
СО	водная	Крх	Fe (38,94%), Cu (24%), Mn (21,63%), Zn (7,21%),

Твердая фаза	Дисперсионная среда	Показатель	Приоритетность
			Al (6,6%), Ca (0,6%), Sr, Mg, B
CP	водная	Kpx	Al (71,21%) Cr (18,54%) Sr (5,45%) Ca (4,71%) Mg (0,10%)
CPCO	водная	Kpx	Al (63,09%) Sb (12,14%) Si (11,57%) Cr (8,44%) Ca (4,65%) Mg (0,10%)
CO	AA	C	Ca (65%), Fe (24,12%), Mg (6,47%), Si (2,15%), Mn (1,08%), Al (0,67%)
CP	AA	C	Ca (91,4%) Si (3,17%) Mg (1,97%) Fe (1,78%) Al (1,39%) Zn (0,13%) Mn Sr Ba Ti Cr Cu Ni Pb Sb V
CPCO	AA	C	Ca (93,0%) Mg (2,25%) Fe (1,86%) Si (1,50%) Al (1,06%) Mn (0,119%) Zn Sb Sr Ba Ni Cu Cr Ti V Co Se
CO	AA	KПВ	Fe (69,68%), Ca (16,09%), Mn (9,39%), Al (2,89%), Ni (1,05%), Cr (0,3%), Si, Zn, Mg, B, Cu, Ba
CP	AA	KПВ	Ca (61,78%) Al (16,44%) Fe (14,01%) Pb (4,58%) Mn (1,38%) Si (0,75%) Zn Ti Cr Mg Ni Ba Sb Sr V Cu
CPCO	AA	KПВ	Ca (66,75%) Fe (15,56%) Al (13,32%) Mn (3,00%) Si (0,38%) Ni (0,28%) Zn Cr Mg Ba Se Ti Sb Cu Sr V Co
CO	AA	Kpx	Fe (72,33%), Mn (16,25%), Cu (4,58%), Al (2,5%), Zn (2,2%), Ni (1,83%), Cr, Ca, Sr, Mg, Se, Sb, Ba
CP	AA	Kpx	Fe (37,48%) Al (36,64%) Zn (13,93%) Mn (6,17%) Cu (3,26%) V (0,58%) Ca Pb Ni Cr Sb Ti Sr Mg Ba
CPCO	AA	Kpx	Fe (38,28%) Al (27,29%) Mn (12,30%) Cu (9,93%) Zn (9,63%) Ni (1,16%) Ca V Cr Sr Se Mg Sb Ti Ba Co

Сведения о приоритетности ТМ свидетельствуют о том, что металлы Al, Fe, Mn более опасны с точки зрения воздействия на окружающую среду. Поскольку Ca не относится к токсичным элементам, воздействие на воду не является критичным. Солевые отложения в составе цементных строительных материалов не вносят изменений принципиального плана в ряды приоритетности ТМ по показателям кратности ПДК как по хозяйственно-

питьевой, так и по рыбохозяйственной воде. Следовательно, применение строительных добавок в виде солевых отложений не требует дополнительных природоохранных мероприятий.

Также в ранее проведенных исследованиях была изучена возможность использования солевых отложений в виде добавки к строительным растворам взамен части песка [4]. Прочность БРСО по сравнению с БР увеличивается в 1,4 Мпа. При добавлении солевых отложений взамен части песка в бетонный раствор в количестве 13,04 % от общей массы раствора прочность бетона возрастает на 38 %.

Таким образом, продемонстрирована динамика трансфера элементов в подвижной форме из солевых отложений, строительного раствора и строительного раствора с добавлением солевых отложений в водную фазу посредством ступенчатых встряхиваний водных суспензий, что в естественных условиях моделирует загрязнение водных и почвенных объектов при хранении данных отходов на открытых площадках и полигонах.

На основе проведенных измерений объемов эмиссии в водную вытяжку и аммонийно-ацетатный буферный раствор можно сделать заключение о принципиальной возможности использования минеральных отложений для производства полезной продукции, такой как цемент и бетон. Это позволит уменьшить трансфер загрязняющих веществ и, одновременно с этим, улучшить качественные показатели строительных материалов

Список использованных источников

1. Сердюкова А. Ф., Барабанщиков Д. А. Загрязнение окружающей среды отходами производств // Молодой ученый. — 2018. — №25. — С. 28-31.
2. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Гигиенические нормативы ГН 2.1.5.1315-03. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.dioxin.ru/doc/gn2.1.5.1315-03.htm> (дата обращения: 4.06.2020).

3. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного назначения [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http:// sztufar.ru/files/documents/10113.pdf](http://sztufar.ru/files/documents/10113.pdf) (дата обращения: 4.06.2020)
4. Замилова А.М., Маврин Г.В. – Изучение деминерализации солевых отложений труб горячего водоснабжения и строительных материалов/ «XIV Камские чтения: всероссийская научно-практическая конференция. (2022; Набережные челны). Всерос.научн.-практ. Конф. «XIV камские чтения», 18 ноября 2022 г. [Текст]: сб-к док./под ред. Д-ра техн.наук Л.А.Симоновой. – Набережные Челны: Издательско-полиграфический центр Набережночелнинского института КФУ, 2022. – С.373-378.
-

Zamilova F.M., 2nd year Master's student, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University

Mavrin G.V., candidate of chemistry Sciences, assistant professor, head of the department, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University

Kharlyamov D.A., candidate of technical Sciences, assistant professor, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University

APPLICATION OF SALT DEPOSITS OF DHW PIPES IN THE MANUFACTURE OF CEMENT BUILDING MATERIALS

Abstract: In this article, the peculiarities of the emission of mobile forms of elements of saline sediments, construction mortars, and CM containing CO are considered. Transfers of all mobile forms of salt deposits and ingredients of the basic material, as well as a number of heavy metals into the aqueous medium have been studied. It is shown that the addition of CO to the SR does not cause an increase in the emission of the mobile forms of the main components of the composite mixtures.

Keywords: salt deposits, mineralization, atomic emission spectroscopy, environmental pollution, waste