

УДК 502/504:628.165:658.5673

Л. В. МЕЛИНОВА

Муниципальное казенное предприятие «Тепловые сети», Волжский, Волгоградская область (МКП «Тепловые сети»)

В. Л. ПОДБЕРЕЗНЫЙ

Общество с ограниченной ответственностью «Инжиниринговая компания «Химические системы», Екатеринбург

А. С. СЕДЛОВ, А. А. КАВЕРИН

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (НИУ МЭИ), Москва

Ю. В. ШИПИЛОВ

Открытое акционерное общество «Ведущий проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт промышленной технологии», Москва

**ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ
ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ**

Представлена информация о задачах в системах энерго-, водоснабжения и утилизации твердых бытовых отходов Крыма и вариантах их решения. Предложено создание энерготехнологических комплексов по обеспечению городов пресной водой и выработке тепловой и электрической энергии на базе когенерационных установок, используя в качестве топлива (частично) продукт переработки твердых бытовых отходов – пиролизный газ.

Комплексное решение вопросов жизнеобеспечения городов, энерготехнологический комплекс, завод приготовления дистиллята, обратноосмотическая установка, дистилляционные опреснительные установки на базе горизонтальных трубных пленочных испарителей, когенерационная выработка тепловой и электрической энергии, пиролизная установка утилизации твердых бытовых отходов, утилизация промышленных и городских сточных вод, энергетическая, экологическая экономическая эффективность, биосферосовместимость.

The information on the problems in the Crimean systems of energy and water supply and utilization of Municipal Solid Waste (MSW) and variants of their solution is given. It is proposed to establish power complexes on supplying fresh water to cities and generating thermal and electric power on the basis of cogeneration plants using a product of MSW treatment - pyrolyzed gas as a fuel (partially).

The complex solution of urban life sustenance questions, power technological complex, distillate production plant, reverse osmosis installation, distillation desalination installations with horizontal tubal film evaporators, cogeneration production of thermal and electrical power, pyrolysis installation of MSW utilization, utilization of industrial and municipal wastewater, energy, ecological, economic efficiency, biosphere compatibility.

Автономная Республика Крым (АРК) расположена на широте южной Франции и северной Италии – в зоне, благоприятной для отдыха и лечения. Основные отрасли экономики региона – промышленность (более 530 крупных и средних предприятий), туризм, строительство, здравоохранение, сельское хозяйство, торговля, доля городского населения – 63 %. Дальнейшее экономическое развитие

ограничено дефицитом пресной воды и энергоресурсов.

Согласно интернет-информации, Автономная Республика Крым импортирует более 80 % потребляемой электроэнергии [1]. Максимальное энергопотребление Крыма превышает 1,4 ГВт. Для энергообеспечения полуострова с учетом резервов нужно не менее 1,5 ГВт, тогда как общая установленная электрическая

мощность энергоисточников составляет 0,143 ГВт [2]. Характеристика и состав основного оборудования энергоисточников АРК приведены в таблице.

Краткая характеристика энергоисточников Автономной Республики Крым

Энергоисточник	Установленная мощность		Состав и характеристика основного оборудования
	МВт	Гкал/ч	
Симферопольская ТЭЦ	68	364,0	Котлы: три БКЗ-160-100ФБ, два КВГМ-100. Турбины: две Т-34/55-90, две ГТУ-100-750-3М (газовые турбины, установленные в 1984 и 1986, не эксплуатируются)
Камыш-Бурунская ТЭЦ (Керчь)	30	103,0	Котлы: два БКЗ-75-39ФБ. Турбины: две ПТ-12-35/10 М, одна ПР-6-35/10/5 (отпускается только тепловая энергия - для работы турбин отсутствует потребитель пара)
Севастопольская ТЭЦ	33	153,3	Введена в эксплуатацию в 1937 году. Износ оборудования составляет 95 %
Сакские тепловые сети	20	88,1	Покрывают 100 % потребностей города Саки и поселка городского типа Николаевки (51 % – население, 14 % – промышленность)

Оборудование всех ТЭЦ характеризуется значительным моральным и физическим износом (часть оборудования выведена из эксплуатации, часть отработала установленный ресурс) и нуждается в реконструкции и модернизации. Общая установленная тепловая мощность ТЭЦ 730,5 Гкал/ч. Тепловой энергией город Симферополь обеспечен на 30 %, город Керчь – на 40 % и город Севастополь – на 30 %. Из 209 котельных АРК (8 единиц находятся на консервации) общей установленной мощностью 2 292,3 Гкал/ч работают на газе 161 котельная мощностью 2 094,261 Гкал/ч и на жидком топливе 44 котельные мощностью 195,275 Гкал/ч. Суммарная подключенная тепловая нагрузка к котельным объединения составляет 1 082,574 Гкал/ч. Срок эксплуатации 32 % энергоустановок превышает 20 лет.

Постоянная комиссия Совета министров Крыма по техногенно-экологической безопасности и чрезвычайным ситуациям признала ситуацию, сложившуюся в автономии с теплоснабжением, чрезвычайной.

Источниками собственного водоснабжения Автономной Республики Крым являются водохранилища, подземные воды и каптажи. Основная проблема водоснабжения – обеспечить население водой питьевого качества. Подготовка воды до норм государственного стандарта «Вода питьевая» осуществляется на восьми основных водоочистных станциях, суммарная установленная мощность – 781 тыс. м³/сут. За 2003 год 4,72 млн м³ воды не отвечало требованиям стандарта.

Жители многих населенных пунктов Крыма вынуждены использовать для питьевых потребностей воду повышенной минерализации (до 4 г/дм³) и жесткости. Привозной водой частично или полностью пользуются жители 161 населенного пункта. Сложная ситуация с водоснабжением сложилась в населенных пунктах Черноморского, Первомайского, Красноперекоского, Раздольненского районов, поскольку осуществляется за счет подземных вод.

Поставки днепровской воды по Северо-Крымскому каналу удовлетворяют нужды жителей полуострова примерно на 80 %. Канал был построен в 1960–1970 годах, его износ достигает 80 %. При этом изношенность системы водоснабжения на самом полуострове превышает 60 %, в результате потери воды могут составлять почти 50 %.

По различным данным, со ссылкой на Министерство жилищно-коммунального хозяйства Автономной Республики Крым, ситуация по загрязнению твердыми бытовыми отходами (ТБО) является критичной, на территории автономии накоплено 53 млн т отходов, или более 72 млн м³, при том что ежегодно количество отходов увеличивается на 2 млн т. На полуострове функционируют 28 полигонов ТБО, из которых эксплуатация 10 приостановлена по причине многочисленных нарушений. И только 9 имеют запас проектной мощности (впрочем, три из них заполнены более чем на 90 %). Севастопольский полигон ТБО в зимний период ежемесячно принимает около 45 тыс. м³ мусорных отходов. Летом эта цифра возрастает до 60 тыс. м³. Этот полигон

является одним из лучших в Крыму, так как на мусоросортировочном узле перерабатывается 15 % всех поступающих отходов.

Очевидно, решение трех обозначенных задач обеспечит минимальное потребление первичных энергоресурсов, минимальное негативное воздействие на окружающую среду и максимальную экономическую эффективность проекта. С учетом сложившейся политической ситуации и общей тенденции зарубежных партнеров к реализации на территории России морально устаревших технологий решения должны базироваться на отечественных проектных разработках и поставках оборудования.

Термическая утилизация отходов позволяет освободить значительные площади земли, занятые полигонами ТБО, решить экологические задачи и получить полезный продукт в виде тепловой и электрической энергии, вторичного сырья. Сжигание ТБО (неорганизованное, слоевое, камерное, в кипящем слое) широко известно и распространено, гораздо менее известен пиролиз и газификация. Теплота сгорания пиролизного газа выше, чем у исходного сырья – ТБО (10...20 МДж/кг), газ легко воспламеняется, обладает высокими экологическими показателями. Выполненное в [1] сравнение технико-экономических и экологических показателей технологий утилизации ТБО свидетельствует, что технико-экономические показатели являются сопоставимыми, однако благодаря экологической чистоте пиролиза выгодно отличается от сжигания.

В России пиролиз твердых бытовых отходов остается новинкой, несмотря на мощные теоретические наработки, выполненные в СССР. В этой связи интересен зарубежный опыт, который свидетельствует о технической проработанности и экономической эффективности данной технологии [2].

Метод термического обессоливания воды (термодистилляция, дистилляция) уже около 150 лет успешно применяется для опреснения солоноватых, морских, высокоминерализованных и сточных вод. В прошедшие четыре-пять десятилетий мировым сообществом достигнуты серьезные успехи в области разработки техники и технологии этого метода опреснения с целью производства дешевой

пресной воды для самого широкого круга потребителей. В бывшем СССР промышленное становление опреснения морской воды было вызвано необходимостью обеспечения пресной водой перспективного, богатого полезными ископаемыми Мангышлакского территориально-промышленного комплекса, запланированного к строительству на полуострове Мангышлак (побережье Каспийское море), с центром в городе Актау (бывшем Шевченко). В этом городе на площадке Мангышлакского атомного энергетического комбината (МАЭК) был построен завод приготовления дистиллята (ЗПД) установленной мощностью более 7 000 м³/ч дистиллята. Производительность завода составляла не менее 5 000 м³/ч и распределение дистиллята ориентировочно осуществлялось следующим образом: 900 м³/ч – на нужды горячего водоснабжения (ГВС), 900 м³/ч – на производственные цели и 3 200 м³/ч – на цели холодного водоснабжения (в том числе на полив городских зеленых насаждений и орошение дачных участков) города Шевченко и прилегающих городских поселений с транспортировкой воды по трубопроводам на расстояние до 80...90 км. Основным энергетическим источником для данной площадки являлась атомная электростанция с ядерным реактором на быстрых нейтронах БН-350.

Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, выполненные с несколькими поколениями многоступенчатых выпарных установок в бывшем СССР и за рубежом, показали, что установки с горизонтально-трубными испарителями с наружным пленочным орошением труб имеют существенные преимущества перед другими типами испарителей: они обладают хорошими экономическими показателями, просты в работе и обслуживании. По удельным затратам, тепловой и электрической энергии, по металлоемкости и по площади застройки дистилляционные опреснительные установки (ДОУ) с горизонтально-трубными пленочными испарителями (ГТПИ) имеют 1,3–1,9-кратное преимущество перед дистилляционными установками других типов. Дальнейшее улучшение показателей ДОУ, особенно с горизонтально-трубными пленочными испарителями, связывают с применением для этих

установок термической (пароструйной) или механической компрессии пара и с созданием гибридных схем (установок, объединяющих несколько процессов опреснения).

На постсоветском пространстве в различных регионах (Казахстан, Туркменистан, Узбекистан, Украина, Белоруссия, Россия) применение получили дистилляционные опреснительные установки с горизонтально-трубными пленочными испарителями производительностью 10,0 м³/ч (всего 19 установок). В городе Актау с 1985 года успешно эксплуатировался двухступенчатый модуль шестнадцатиступенчатой опреснительной установки производительностью 700,0 м³/ч. В 2007 году израильская фирма «IDETechnologies Ltd» построила две опреснительные установки проектной производительностью по 250,0 м³/ч дистиллята (город Актау). На Ново-Ростовской АЭС сооружены четыре опреснительные установки с горизонтально-трубными испарителями проектной производительностью по 60,0 м³/ч дистиллята каждая, предназначенные для приготовления добавочной воды парогенераторов ядерных реакторов. В России были разработаны проекты утилизации сточных вод и получения дистиллята для подпитки котлов Волжской ТЭЦ (комбинированная схема) и Волжской ТЭЦ-2 (ГТПИ), Сыр-Дарьинской, Талимарджанской ГРЭС, Зеравшанской котельной и других станций. В теплоэнергетике реализация данных предложений позволяет сократить потребление сырой воды, реагентов и энергоносителей, утилизировать у стороннего потребителя разделенные соли в сухом виде, удобном для транспортировки, увеличить выработку электроэнергии на тепловом потреблении и утилизировать теплоту, затраченную на термодистилляцию в технологическом цикле станции. ФГУП «ВНИПИ протехнологии» разработан проект «Энерго-опреснительный комплекс – автономная газотурбинная термодистилляционная опреснительная установка парогазового цикла» установленной мощностью 8 МВт электроэнергии, производством 20 т/ч пара, давлением 0,4 МПа. Используется для получения до 200 м³/ч дистиллята и/или питьевой воды, горячей воды для технологических целей или целей отопления и ГВС. Учитывая, что климатическая зона Крыма позволяет использовать

открытую компоновку всего технологического оборудования комплекса, капитальные затраты на строительство сокращаются не менее чем на 30 % [3].

Кратко рассмотрим наиболее обсуждаемые варианты решения задач жизнеобеспечения Крыма и города Севастополя.

1. Строительство водопровода с территории Кубани («Кубанская вода») обеспечит частичное решение многоплановой задачи, сложившейся на полуострове, но не решит задач утилизации мусора, переработки сточных вод и энергообеспечения, нарушит сложившиеся биотопы и гидрогеологическое равновесие.

2. Строительство опреснительных комплексов на базе обратноосмотических установок приведет к существенному дополнительному потреблению электрической энергии и дополнительной, весьма значительной, нагрузке на биосферу. Обратный осмос уже не новинка для российских специалистов. Зарубежная технология в красивой упаковке и с активной рекламой, подкупающая малым потреблением химических реагентов по сравнению с ионообменом и кажущейся дешевизной. Первое – неоспоримо. Второе – заблуждение. Поскольку через каждые 3–6 лет в обратноосмотических установках требуется заменять обратноосмотические модули (основные дорогостоящие и притом импортные их элементы), практические инвестиционные затраты для них при 15-летнем сроке службы как минимум на 40 % выше общепринятой величины в 600...800 US\$/м³/сут. Стоимость обратноосмотических модулей высока, так как на долю мембран приходится до 21 % капиталовложений и от 10 до 20 % эксплуатационных издержек. Учитывая это обстоятельство, некоторые разработчики применяют дорогостоящую предварительную подготовку обессоливаемой воды, порой включающую Na-катионирование, неприемлемое при опреснении морских вод. Объем сточных вод с установок обратного осмоса, по информации [4], подтвержденной на Международной научно-технической конференции «Водоподготовка и водно-химические режимы ТЭС. Цели и задачи» А. А. Пантелеевым, составляет от 20 до 40 % забираемой на обессоливание исходной воды. Поскольку стоки имеют низкое значение рН, то в местах размещения крупных опреснительных

обратноосмотических комплексов, например на берегах Красного моря и Персидского залива, возникают серьезные экологические проблемы – наблюдается исчезновение различных видов морских организмов и значительное разрушение кораллов [5]. К серьезным недостаткам обратного осмоса относится и то, что для осуществления этого метода потребляется в значительных количествах электрическая энергия (готовый продукт ТЭС). Необходимо обратить внимание на отсутствие отечественных фирм-производителей обратноосмотических модулей. Владимирский завод по производству мембран и рулонных элементов на их основе, реанимируемый ОАО «РосНАНО», в случае эмбарго не сможет обеспечить комплектующими уже функционирующие на территории России установки. Открытая компоновка оборудования в мировой практике эксплуатации обратноосмотических модулей отсутствует, что формирует дополнительные капитальные затраты на строительство зданий и сооружений завода

приготовления дистиллята.

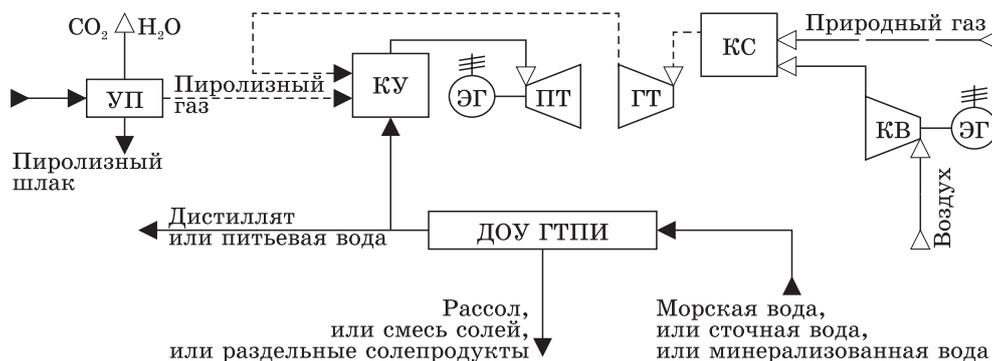
3. Энерготехнологический комплекс (ЭТК) жизнеобеспечения включает:

завод по переработке мусора и получению пиролизного газа, сжигаемого впоследствии в котлах-утилизаторах ТЭЦ;

ТЭЦ на базе ПГУ, единичный блок которой состоит из газовой турбины, котла-утилизатора выхлопа газовой турбины, паровой турбины, отборный пар которой является греющим паром для дистилляционной опреснительной установки с горизонтально-трубным пленочным испарителем;

завод приготовления дистиллята на базе дистилляционной опреснительной установки (ДОУ), предназначенный для выработки воды питьевого качества из Азовской и Черного морей для хозяйственно-бытовых нужд, утилизации промышленных и городских сточных вод, водоподготовки ТЭЦ.

Принципиальная схема энерготехнологического комплекса представлена на рисунке.



Принципиальная структурная схема энерготехнологического комплекса: ТБО – твердые бытовые отходы; УП – установка пиролиза ТБО; КУ – котел утилизатор; ЭГ – электрогенератор; ПТ – паровая турбина; ГТ – газовая турбина; КС – камера сгорания; КВ – компрессор воздуха; ДОУ ГТПИ – дистилляционная опреснительная установка с горизонтально-трубными пленочными испарителями

Размещение энерготехнологического комплекса жизнеобеспечения рационально осуществить в непосредственной близости от потребителей пресной (питьевой) воды и сырьевой базы (полигонов ТБО), т.е. около городов Севастополя, Керчи, Феодосии, Саки, Ялты на базе существующих котельных и/или ТЭЦ.

Реализация предложения по созданию энерготехнологического комплекса жизнеобеспечения Севастополя, Керчи, Феодосии, Саки, Ялты на базе существующих котельных и ТЭЦ позволит:

обеспечить население и инфраструктуру Крымского полуострова качественной пресной водой, вырабатываемой из черноморской и азовской воды наиболее дешевым и энергоэффективным методом термической дистилляции на базе горизонтально-трубных пленочных испарителей;

утилизировать сточные воды городов и промышленных объектов в технологическом цикле водоподготовки ТЭЦ, тем самым исключив вредное воздействие сточных вод на окружающую среду;

получать дополнительный товарный продукт от ДОУ ГТПИ – сухую смесь солей или разделенные соли;

утилизировать твердые бытовые отходы городов по наиболее экологичной пиролизной технологии, позволяющей в отличие от прочих технологий не производить захоронение отходов, а использовать инертный пиролизный шлак, например в дорожном строительстве;

вырабатывать тепловую и электрическую энергию на базе когенерационных установок, используя в качестве топлива продукт переработки ТБО – пиролизный газ;

модернизировать энергообъекты, имеющие значительный износ технологического оборудования;

увеличить объем собственной генерации электрической энергии и снизить зависимость в поставке электроэнергии от Укрэнерго;

минимизировать транспортные расходы на доставку мусора к месту его переработки;

минимизировать на 30 % капитальные затраты на строительство энерготехнологического комплекса за счет применения открытой компоновки оборудования;

минимизировать накладные, административные и прочие расходы за счет объединения индивидуальных целевых проектов в единый ансамбль.

Преимущества реализации предложения по созданию энерготехнологического комплекса жизнеобеспечения Севастополя, Керчи, Феодосии, Саки, Ялты на базе существующих котельных и ТЭЦ по сравнению с прочими вариантами систем жизнеобеспечения состоят в следующем:

устойчивое, не зависящее от зарубежных стран, обеспечение Автономной Республики Крым и города Севастополя электроэнергией и пресной водой;

модернизация объектов топливно-энергетического комплекса, обеспечивающая экологическую безопасность, с переходом на инновационную модель развития;

снижение общих затрат энергетического производства и повышение рентабельности энерготехнологического комплекса жизнеобеспечения;

использование результатов реализации бессточной схемы применительно

к новым оптимальным проектам для предприятий теплоэнергетики и других отраслей промышленности с получением экономического эффекта;

получение государственных преференций предприятию при доле использования более 90 % российских технологий и оборудования (Госпрограмма «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности»);

независимость от зарубежных поставок оборудования, комплектующих и реагентов.

Выводы

Реализация предложения по созданию энерготехнологического комплекса жизнеобеспечения Симферополя, Севастополя, Керчи, Феодосии, Саки, Ялты является наиболее энергоэффективным решением задачи обеспечения городов пресной водой, тепловой и электрической энергией и утилизации ТБО. Энерготехнологические комплексы жизнеобеспечения способствуют трансформации урбо-промышленных конгломератов Крыма в биосферосовместимые, что отвечает современным мировым тенденциям.

1. **Мальшевский А. Ф.** Обоснование выбора оптимального способа обезвреживания твердых бытовых отходов жилого фонда в городах России: доклад. – М.: Министерство природных ресурсов и экологии РФ, 2012.

2. **Williams R. B., Jenkins B. M., Nguyen D.** Solid Waste Conversion: A review and database of current and emerging technologies. – University of California Davis, Department of Biological and Agricultural Engineering, 2003.

3. Термодистилляционные опреснительные установки для энерготехнологических комплексов: Книга 4. Водное хозяйство промышленных предприятий: Справочное издание; под ред. В. И. Аксенова. – М.: Теплотехник, 2007. – 240 с.

4. Сокращение объема и утилизация сточных вод обратноосмотических обессоливающих установок / Е. Б. Юрчевский [и др.] // Энергосбережение и Водоподготовка. – № 4 (84). – 2013. – С. 3–7.

5. **Abu Dhabi Water resources master plan**//Environment Agency Abu Dhabi. – January, 2009.

Материал поступил в редакцию 05.06.14.

Мелинова Людмила Валентиновна, кандидат технических наук, начальник ПТО

Тел. 8 (8443) 31-79-42;

E-mail: melinovaLv@mail.ru

Подберезный Валентин Лазаревич, кандидат технических наук, ведущий технолог

Тел. 8 (343) 214-08-68

E-mail: vlpodbereznyu@mail.ru

Седлов Анатолий Степанович, доктор технических наук, профессор

E-mail: SedlovAS@tpei.ru

Каверин Александр Александрович, аспирант

E-mail: alexander_7@bk.ru

Шушилов Виктор Юрьевич, начальник энергомеханического отдела

E-mail: ov-eto@yandex.ru

УДК 502/504:631.459.22

М. С. ЗВЕРЬКОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»
Институт природообустройства имени А. Н. Костякова

АКУСТИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ КРУПНОСТИ КАПЕЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ДОЖДЯ

Представлены результаты исследований крупности капель искусственного дождя с помощью прибора для диагностики капельной эрозии почв. Приводятся схема и методика измерений. Результаты отражают существующую зависимость между частотой звуковых колебаний и диаметром капель дождя.

Крупность дождя, капли, медианный диаметр, MATLAB, частота колебаний, импактное воздействие, акустический маркер.

There are given research results of artificial rain drops sizes by means of the device for soil drop erosion diagnosing. The scheme and method of measurements are given. The results reflect the existing dependence between the frequency of sound vibrations and diameter of rain drops.

Rain drop size, drops, median diameter, MATLAB, frequency of vibrations, impact influence, acoustic marker.

Определение крупности капель искусственного дождя в мелиорации является актуальной задачей. С одной стороны, этот параметр характеризует технические средства и технологию полива, с другой – является экологическим фактором и индикатором нагрузки на агрогеосистему.

Искусственный дождь – полидисперсный, а значит, по диаметру только одной капли неверно судить обо всем дождевом потоке. Наиболее информативным является медианный диаметр капель d_m , физический смысл которого состоит в том, что вероятность P выпадения капель диаметра больше или меньше d_m составляет 50 % [1].

Помимо чисто научных целей анализ крупности дождя необходим при

настройке дождевальных аппаратов в почвенно-климатических условиях конкретного хозяйства. Но трудоемкий и затратный процесс прямого определения этого параметра ограничивает использование d_m в мелиоративной практике.

Конструкция рассматриваемого в данной статье прибора для изучения крупности дождя, представленного на рисунке 1, приведена в работе [2]. Методика исследования заключается в регистрации звукового колебания ν от импактного воздействия капель диаметра d_m . Причем разные капли вызывают колебания разной частоты. Для образования капель использовали иглы (инъекторы) с внутренним диаметром 0,060 (34G); 0,110 (32G); 0,410 (22G) и