

Таблица 5 – Значения A_x для тяжелых металлов в образцах водной растительности

Химический элемент	Дернина	Растения (травостой)
As	2,47	1,44
Hg	н.о.	н.о.
Pb	0,13	0,45
Cd	0,03	0,08
Cr	5,87	0,18
Ni	2,07	0,54
Mn	3,27	4,08
Co	н.о.	н.о.
Cu	2,49	1,40
Zn	3,47	2,08

Примечание: н.о. – КБП не удалось определить из-за незначительного содержания элемента

Заключение. Впервые на системной основе были получены данные о фоновом содержании тяжелых металлов (меди, цинка, свинца, кадмия, хрома, никеля, марганца, ртути, а также мышьяка) в почвах, объектах растительного мира и донных отложениях в зоне наблюдения Белорусской АЭС на этапе строительства.

В верхнем (0–10 см) слое почвы, растительности и донных отложениях установлены некоторые особенности распределения тяжелых металлов, характерные для зоны наблюдения Белорусской АЭС.

В отобранных образцах почвы был проведен анализ содержания подвижных форм тяжелых металлов. Установлено, что она составляет 12–19% от валового содержания для лесных почв и 17–49% для донных отложений.

Для зоны наблюдения Белорусской АЭС характерен следующий порядок тяжелых металлов по способности к накоплению в растениях и лесной подстилке: $Mn > Cu > Zn > Ni > Pb > Cr$. Для водной растительности и дернины порядок немного иной: $Mn > Cr > Zn > As > Cu > Ni > Pb > Cd$.

Данные результаты являются основой для оценки состояния почв в части содержания тяжелых металлов на этапе строительства Белорусской АЭС.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
2. Об особо охраняемых природных территориях : Закон Респ. Беларусь от 15 нояб. 2018 г. № 150-З : с изм. и доп. : текст по состоянию на 4 фев. 2019 г.
3. Николаенко, Е. В. Радиационно-гигиенический мониторинг для оценки «нулевого» фона вокруг Белорусской АЭС / Е. В. Николаенко, В. В. Кляус // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / М-во здравоохранения Респ. Беларусь. Науч.-практ. центр гигиены; гл. ред. С. И. Сычик. – Минск: РНМБ, 2017. – Вып. 27. – С. 49–50.
4. Перельман, А. Геохимия ландшафта / А. Перельман, Н. Касимов. - Москва, 1999. – 610 с.
5. Петухова, Н. Н. Кларкам микроэлементов в почвенном покрове Беларуси / Н. Н. Петухова, В. А. Кузнецов // Докл. АН Беларуси. – 1992. – Т 36. – № 5. – С. 461–465.
6. Раскатов, А. В. Агроэкологические аспекты транслокации тяжелых металлов в почве и растениях : на примере дерново-подзолистых почв Ивановской области : автореф. дис. ... канд. сельхоз. наук : 06.01.15 / А. В. Раскатов ; РГАУ-МСХА. – М., 2000. – 22 с.

Материал поступил в редакцию 24.04.2019

POZDNIAKOVA A. I., GERMENCHUK M. G. Results of soils background monitoring in the observation zone of belarusian nuclear power plant

Creation the environmental monitoring network is the main ecological objective before commissioning of any industrial facility. Republic of Belarus had not such radiation and ecologically dangerous objects earlier, so in an influence zone of the station has been created the system of complex monitoring which allows to watch ecosystem changes in dynamics and to estimate negative load of each component in the system in connection with others. This article contains results of studying and assessment of the impact on soils in the observation zone of Belarusian nuclear power plant at the construction stage.

УДК 621.311.25, 620.9

Аллакулиев И. А., Янчилин П. Ф.

СРАВНЕНИЕ УДЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДЕЙ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ ЖИЛОГО ДОМА И ОФИСНОГО ЗДАНИЯ ДЛЯ УСЛОВИЙ АШХАБАДА

Введение. Существуют различные виды гелиоколлекторов, однако в водонагревательных установках все они работают по одной схеме. Солнечные лучи нагревают теплоноситель, который по тонким трубкам поступает в заполненный водой бак. Трубки с теплоносителем проходят через весь внутренний объем бака и нагревают находящуюся в нем воду. В дальнейшем эта вода расходуется на бытовые нужды (отопление, ГВС и т. д.). Температура воды в баке контролируется специальными датчиками, при ее охлаждении ниже заданного минимума автоматически включается резервный подогрев (обычно – газовый или электродогрев).

Устройство гелиоколлектора. Солнечные водонагреватели могут быть активного или пассивного типов. Активная система использует электрический насос для циркуляции жидкости через коллектор; пассивная система не имеет насоса и полагается только на естественную циркуляцию. Плоский гелиоколлектор (рис. 1) нагревает теплоноситель при помощи пластинчатого абсорбера. Устроен он

довольно просто. По сути, это пластина теплоемкого металла, окрашенная сверху в черный цвет специальной краской. К нижней поверхности пластины плотно прилегает (приваривается) змеевидная трубка, по которой и циркулирует жидкость.

Черная селективная краска обеспечивает максимальное поглощение солнечных лучей, причем их отражение практически равно нулю. Поглощенные лучи прогревают теплоноситель под абсорбером, он, в свою очередь, подается далее в систему. Для минимизации тепловых потерь применяются теплоизоляция абсорбера от корпуса коллектора и закаленное стекло, почти не содержащее окислов железа, которое устанавливается над абсорбером и выполняет функцию верхней крышки корпуса. Кроме того, использование подобного стекла позволяет создать своеобразный «эффект парника», что еще больше увеличивает прогрев абсорбера, а значит, и температуру теплоносителя [1].

Аллакулиев Ихлас Аннамхаммедович, магистрант кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Брестского государственного технического университета, e-mail : i.allakuliev@gmail.com.

Янчилин Павел Федорович, м. т. н., старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Брестского государственного технического университета, e-mail : tgv_bstu@tut.by.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

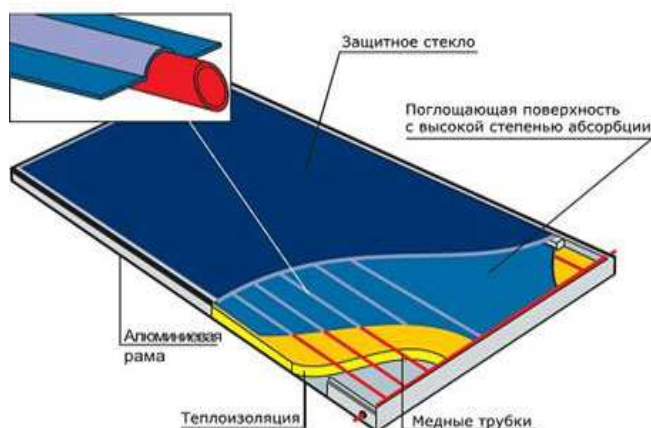


Рисунок 1 – Устройство плоского коллектора

Ключевую роль играет характер инсоляции в конкретной местности, например, важным показателем может оказаться высота над уровнем моря. Пользователи из южных регионов, где более трёхсот солнечных дней в году, по достоинству оценят работу гелиосистемы. Больше всего тепла можно получить в ясную погоду, когда солнце в зените. Вечером и утром, а также в пасмурные дни производительность системы неизбежно падает. Чтобы «поймать» максимум лучей, нужно правильно установить коллектор: выдержать угол наклона, ориентировать модули на юг, устранить возможность затенения (высокие соседние здания, деревья).

Расчёт оптимального угла наклона плоского гелиоколлектора. В нашем случае учитываются данные солнечных водонагревателей активного типа с закрытым контуром, эффективностью 71%.

В Туркменистане около 300 солнечных дней в году, продолжительность светового дня в июне достигает 16 часов, а продолжительность солнечного сияния 400 ч/месяц. Согласно статистическим погодным данным количество пасмурных дней в апреле 5, а в мае 3 дня. Поэтому расчёты площадей солнечных коллекторов предусматриваются с 1-го апреля по 30-е сентября.

Чтобы производительность солнечного коллектора была максимальной, очень важна ориентация и угол наклона коллектора. Чтобы поглощать максимальное количество солнечной энергии, плоскость солнечного коллектора должна быть всегда перпендикулярна солнечным лучам, но для этого нужна двухосевая система слежения.

Угол падения солнечных лучей на горизонтальную поверхность в полдень, при ориентировании солнечного коллектора точно на юг, определяется формулой [2]:

$$\gamma = \arccos[\cos(\delta - \phi)], \quad (1)$$

где ϕ – широта места установки, показывает, насколько место находится севернее или южнее от экватора, и составляет угол от 0° до 90°, отсчитываемый от плоскости экватора до одного из полюсов – северного или южного. Широта Ашхабада равна 37,6°;

δ – угол склонения Солнца, зависит от вращения Земли вокруг Солнца, поскольку орбита вращения имеет эллиптическую форму и сама ось вращения тоже наклонена, то угол меняется в течение года от значения +23,45° до -23,45°. Угол склонения становится равным нулю два раза в год – в дни весеннего и осеннего равноденствия.

Склонение солнца для конкретно выбранного дня определяется по формуле:

$$\delta = 23,45 \cdot \sin\left(360 \frac{284 + n}{365}\right), \quad (2)$$

где n – порядковый номер дня в году, отсчитанный от 1-го января.

Ниже представлен расчет определения оптимального угла наклона между горизонтальной поверхностью и солнечным коллектором для периода с 1-го апреля по 30-е сентября, интервалом девять дней [3].

Следовательно, оптимальный угол между солнечным коллектором и горизонтальной плоскостью в период с 1-го апреля по 30-е сентября при ориентировании солнечного коллектора точно на юг равен 67°.

Расчет площади гелиоколлектора. Согласно, СНТ (Строительные нормы Туркменистана) [4] 2.04.01-98, суточный расход горячей воды для жителя жилого дома равен 120 л, а для работающего офиса 7 л. Предполагая 24 человека в жилом доме и в офисе, суточный расход горячей воды составит:

- в жилом доме 2,88 м³;
- в офисе 0,168 м³.

По данным НАСА [5] солнечная инсоляция в сутки на солнечный коллектор под углом 67° и площадью 1 м², находящийся в городе Ашхабаде, равен:

Январь – 3 500 Вт·час/м²/сут.; февраль – 4 250 Вт·час/м²/сут.; март – 4 580 Вт·час/м²/сут.; апрель – 4 990 Вт·час/м²/сут.; май – 5 510 Вт·час/м²/сут.; июнь – 5 880 Вт·час/м²/сут.; июль – 5 970 Вт·час/м²/сут.; август – 6 000 Вт·час/м²/сут.; сентябрь – 5 550 Вт·час/м²/сут.; октябрь – 4 600 Вт·час/м²/сут.; ноябрь – 3 680 Вт·час/м²/сут.; декабрь – 3 260 Вт·час/м²/сут.

При расчёте площади солнечного коллектора для нагрева воды из уравнения:

$$E \cdot \eta \cdot A = m \cdot C_p \cdot (T_h - T_c), \quad (3)$$

где E – солнечная инсоляция на 1 м² солнечного коллектора в сутки [Вт·час/м²/сут.];

η – производительность системы солнечного водонагревателя [$\eta = 0,71$];

A – площадь солнечного коллектора [м²];

m – суточный расход горячей воды [м³/ч];

C_p – удельная теплоёмкость воды, [4183 кДж/(м³·°C)]

T_h – температура горячей воды [°C];

T_c – температура холодной воды [°C].

Учитывая нижеуказанные среднемесячные температуры воды в городе Ашхабаде, при расчёте необходимой площади солнечного коллектора получаем:

- для жилого здания – 40 м²;
- для офисного здания – 2,3 м².

Январь 10°C; февраль 8°C; март 9°C; апрель 13°C; май 17°C; июнь 23°C; июль 27°C; август 28°C; сентябрь 24°C; октябрь 19°C; ноябрь 15°C; декабрь 12°C.

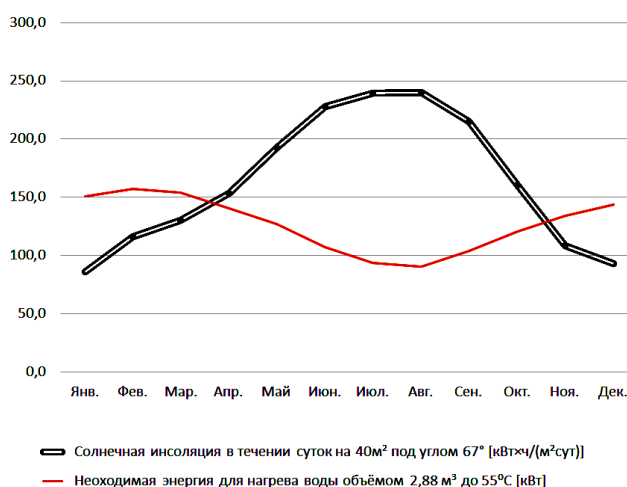


Рисунок 2 – График солнечной инсоляции и энергии для нагрева воды жилого дома

Таблица 1 – Углы наклона

Угол склонения Солнца, δ	Порядковый номер дня в году, отсчитанный от 1-го января	Широта места установки, ϕ	Угол падения солнечных лучей в полдень, при ориентировании солнечного коллектора точно на юг	Оптимальный угол между плоскостью солнечной панели и горизонтальной плоскостью
4,0	91	37,6	32,6	57,4
6,4	97	37,6	30,2	59,8
8,7	103	37,6	27,9	62,1
10,9	109	37,6	25,7	64,3
13,0	115	37,6	23,6	66,4
14,9	121	37,6	21,7	68,3
16,7	127	37,6	19,9	70,1
18,3	133	37,6	18,3	71,7
19,7	139	37,6	16,9	73,1
20,9	145	37,6	15,7	74,3
21,9	151	37,6	14,7	75,3
22,6	157	37,6	14,0	76,0
23,2	163	37,6	13,4	76,6
23,4	169	37,6	13,2	76,8
23,4	175	37,6	13,2	76,8
23,2	181	37,6	13,4	76,6
22,7	187	37,6	13,9	76,1
22,0	193	37,6	14,6	75,4
21,0	199	37,6	15,6	74,4
19,8	205	37,6	16,8	73,2
18,4	211	37,6	18,2	71,8
16,8	217	37,6	19,8	70,2
15,1	223	37,6	21,5	68,5
13,1	229	37,6	23,5	66,5
11,0	235	37,6	25,6	64,4
8,9	241	37,6	27,7	62,3
6,6	247	37,6	30,0	60,0
4,2	253	37,6	32,4	57,6
1,8	259	37,6	34,8	55,2
-1,0	266	37,6	37,6	52,4
-3,8	273	37,6	40,4	49,6
Оптимальный угол в период с 1-го апреля по 30-е сентября:				67

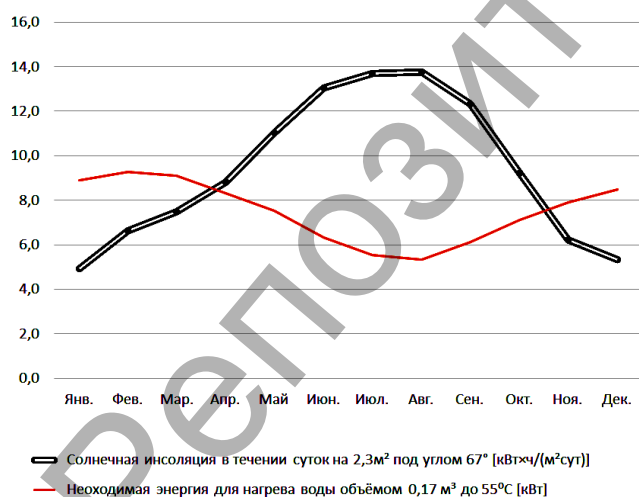


Рисунок 3 – График солнечной инсоляции и энергии для нагрева воды офисного здания

В связи с тем, что расход горячей воды для жилого дома значительно превышает расход для офисного здания, площадь солнечного коллектора больше соответственно. В то время как для приготовления горячей воды удельная площадь солнечного коллектора на человека для офисного здания равна 0,1 м², для жилого дома это значение составляет 1,7 м², то есть превышает в 17 раз. Следовательно, приготовление горячей воды для офисных зданий может

осуществляться солнечными коллекторами небольшой площади, по сравнению с жилыми домами.

Согласно графику, при удельной площади 0,1 м², приготовление горячей воды на нужды офисного здания может осуществляться с последней четверти марта до середины октября.

Помимо экологического, солнечные водонагреватели имеют экономическое преимущество. Недостатками являются малая плотность солнечного излучения и его непостоянство, например, в ночное время и при продолжительных дождливых днях.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Солнечные энергетические установки для малых потребителей / П. Ф. Янчилин // Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях : материалы научного семинара, 25 марта 2016 года. – Брест : БрГТУ. – С. 68–72.
2. Handbook of Renewable Energy Technology. Solar energy calculations / K. E. Holbert, 2007.
3. Расчёт оптимального угла наклона плоского гелиоколлектора для условий Ашхабада / И. А. Аллакулиев // Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях : материалы научного семинара, 26 марта 2019 года. – Брест : БрГТУ. – С. 44–46.
4. Строительные нормы Туркменистана 2.04.01-98.
5. Официальный сайт НАСА (национального агентства по аэронавтике и исследованию космического пространства). – Режим доступа : <https://power.larc.nasa.gov/>.

Материал поступил в редакцию 23.04.2019

ALLAKULYEV I. A., YANCHILIN P. F. Comparison of special plants of solar collectors for the preparation of hot water residential house and office building for the conditions of ashgabat

The article presents the structure of a flat solar collector, the calculation of the optimum angle of inclination of a flat solar collector and the calculation of the solar collector area for preparing hot water in a residential house and office building for Ashgabat conditions.

УДК 628.31

Урецкий Е. А., Мороз В. В.

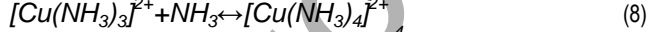
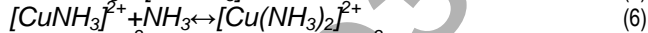
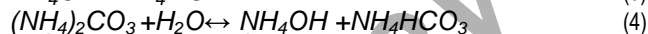
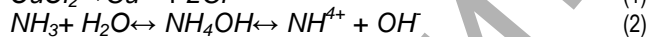
РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕДИ

Введение. Обследования многочисленных предприятий приборо- и машиностроения показали, что подавляющее число очистных сооружений запроектировано только для сточных вод производств защитных покрытий (ПЗП) [1, 2, 3]. Что же касается отработанных технологических растворов (ОТР), содержащих аммиакаты меди, то с целью извлечения из них меди они частично утилизируются электрохимическими методами, методом цементации, мембранными технологиями и др. Однако часть таких растворов и практически весь объём промывных сточных вод, содержащих комплексные соединения меди, сбрасываются на очистные сооружения.

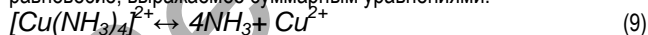
Как известно, отдельные виды сточных вод гальванических производств и производств печатных плат, наряду с ионами тяжёлых металлов, содержат аммиак. В присутствии аммиака медь образует прочные растворимые комплексы $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ и $[Cu(NH_3)_2]^+$, которые практически не задерживаются в осветлителях и выносятся в канализацию в концентрациях многократно превышающих ПДК для меди, установленных контролирующими организациями. Очистка стоков такого вида представляет особую трудность.

Анализ материалов. Отраслевыми стандартами предусматриваются в технологических линиях травильные ванны, где процесс происходит в щелочной среде (рН около 9,8), создаваемой избытком аммиака (от 15 до 17 мг/л). Действующим агентом, как и в ваннах травления с кислой средой, является медь со степенью окисления (II). Медь (II) вносится в раствор в виде соли $CuCl_2 \cdot 2H_2O$ (140–160 г/л). В ванне также присутствует хлористый аммоний (40–60 г/л) и углекислые соли NH_4CO_3 и NH_4HCO_3 , в количестве 20–30 г/л, обладающие буферной ёмкостью и щелочным резервом.

В процессе приготовления раствора протекает ряд реакций и устанавливается равновесие. В несколько упрощённом виде их можно представить уравнениями:



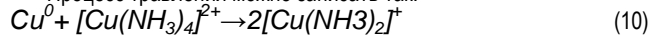
Ввиду большого избытка ионов NH_4^+ равновесие по принципу Ле-Шателье смещено сильно влево, т. е. в растворе присутствует большое количество "свободного" аммиака. Этот аммиак практически мгновенно вступает в реакцию. В растворе устанавливается равновесие, выражаемое суммарным уравнением:



Константа этой реакции в стандартных условиях имеет численное значение.

$K = 2,14 \times 10^{-13}$ [6], что говорит о практически полном отсутствии ионов меди (II) в растворе, а с учетом избытка аммиака равновесие еще более смещается влево.

Процесс травления можно записать так:



т. е. раствор насыщается комплексными ионами меди (I), обладаю-

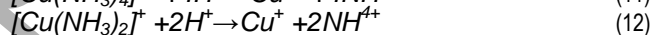
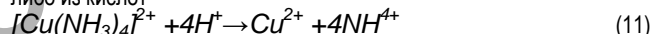
щими довольно высокой устойчивостью ($K = 1,35 \cdot 10^{23}$). Скорость травления падает, и согласно технологической карты, должен производиться сброс части объёма ванны и восстановления травящей способности путем барботажа воздухом и подачи раствора, содержащего смесь хлористого аммония с последующей корректировкой рН раствором аммиака. Сброшенная часть раствора должна собираться с целью утилизации меди.

После травления следует циркуляционная промывка в крепком растворе аммонийных солей (280–290 г/л NH_4OH). В силу большого избытка аммония медь обеих степеней окисления может присутствовать в этой ванне только в виде аммиакатов.

Результаты. Так как соединений меди, цинка, кадмия, никеля в виде тарtratов и в соединениях с тиомочевинной немного, подробно на них внимание не заострялось. Тем не менее, при разработке технического решения по деградации и удалению тяжелых металлов из комплексных соединений необходимо учитывать присутствие этих соединений.

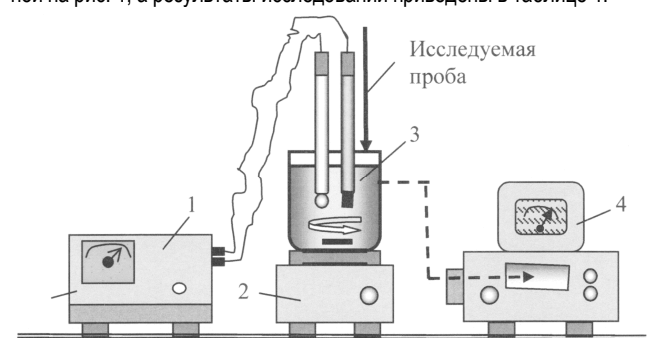
Авторами статьи были проведены многочисленные исследования, в результате которых было показано, что для разрушения комплексных ионов нужно либо ослабить, либо свести к минимуму способность центрального иона к комплексообразованию или усилить диссоциацию комплекса.

Комплексные ионы $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ и $[Cu(NH_3)_2]^+$ удобнее и легче разрушить путём понижения рН, приливая к раствору какулюбо из кислот



Оценка эффективности деградации аммиакатных комплексов меди различными кислотами ОТР была осуществлена в серии экспериментов. Для сравнения указанные комплексы разрушались 10% раствором серной кислоты, традиционно используемой в качестве товарного реагента.

В лабораторных исследованиях использовались модельные растворы, содержащие аммиакаты меди и натурные образцы ОТР. Модельные растворы готовились непосредственно перед проведением исследований путём разбавления отработанных растворов водопроводной водой. Исследования проводились на установке, изображённой на рис. 1, а результаты исследований приведены в таблице 1.



1 – иономер ЭВ-74; 2 – магнитная мешалка; 3 – стакан с исследуемой пробой; 4 – фотоэлектрокалориметр КФК-2

Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

Мороз Владимир Валентинович, к. т. н., ст. преподаватель кафедры водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения, начальник регионального центра тестирования и профессиональной ориентации учащейся молодежи Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Урецкий Евгений Аронович, член-корреспондент Белорусской инженерной технологической академии.

Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология