

УДК 544.774

## Определение физических свойств песков озера Байкал

© Е.А. Гусева, А.А. Шнырова

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

Проведено исследование проб песка, отобранных на берегу оз. Байкал в Иркутской области. Представлены результаты определения теплоемкости песчаных проб. Свойства песка, в том числе его теплоемкость, влияют на возможность его применения в разных отраслях промышленности, в частности в пищевой отрасли. Гранулометрический размер частиц в исследуемом образце составлял около 1 мм. Теплоемкость определяли калориметрическим способом. Значения, полученные в результате эксперимента, хорошо согласуются со справочными значениями теплоемкости сухого песка.

*Ключевые слова:* песок, теплоемкость, калориметрический способ

## Determination of physical properties of Lake Baikal sands

© Elena A. Guseva, Anastasia A. Shnyrova

National research Irkutsk state technical University, Irkutsk, Russia

The study of sand samples taken on the shores of Lake Baikal in the Irkutsk region. The results of determining the heat capacity of sand samples are presented. The properties of sand, including its heat capacity, affect its applicability in various industries, in particular in the food industry. The size of the particles in the sample under study was about 1 mm. The heat capacity was determined by the calorimetric method. The values obtained as a result of the experiment are in good agreement with the reference heat capacity values of dry sand.

*Keywords:* sand, heat capacity, calorimetric method

Территория, связанная с оз. Байкал, имеет целый ряд особенностей. Это не только запас пресной воды, уникальная фауна и флора, но и полезные материалы, которые может исследовать и использовать человек [1, 2].

Песок применяется в различных областях промышленности. Может он применяться и в пищевой отрасли, как в качестве фильтрующих материалов, так и как материал способный сохранять тепло. Нас заинтересовала именно это свойство, поэтому мы определяли теплоемкость песков, находящихся на территории Иркутской области. Объектом исследования являлся песок с берега Байкала в г. Слюдянка.

Первоначально песок разделили на фракции и определяли удельную теплоемкость каждой фракции. Размер частиц определяемой фракции около 1 мм. Среднюю теплоемкость малого количества вещества можно определить экспериментально методом смешивания [3].

Мы определяли изменение теплоты калориметрическим способом. Использовался калориметр – сосуд Дьюара. Он помещался в термостат, так как между внешней (окружающей) средой и калориметром должен соблюдаться минимальный теплообмен. В сосуде Дьюара размещается мешалка и термометр Бекмана, вещество, подвергаемое исследованию, подается в прибор через отверстие, располагаемое в крышке.

Шкала термометра, находящегося в калориметре (Бекмана) соотнесена со шкалой обычного термометра Цельсия, таким образом, его показания нет необходимости переводить в шкалу Цельсия.

Для выполнения работы необходимо следующее:

– материалы – песок и дистиллированная вода;

– приборы – калориметр, термостат, секундомер, мешалка, термометр Бекмана, толстостенный контейнер из стекла, аналитические весы, колба мерная.

Нам необходимо определить тепловую константу пробирки. Для этого воспользуемся уравнением теплового баланса и рассчитаем теплоемкость песка.

В работе используется метод смешивания, заключающийся в том, что дистиллированная вода и песок, находящиеся на исследовании, вступают в термический контакт.

Благодаря теплообмену в системе наступает тепловое равновесие, при этом температуры обеих веществ становятся равными друг другу. В этом случае уравнение теплового баланса будет выглядеть следующим образом:

$$(W+C_1 \cdot m_1) \cdot \Delta T = (K+C_2 \cdot m_2) \cdot (T_1 - T_{равн}), \quad (1)$$

где  $K$  – тепловая константа пробирки;  $W$  – тепловая константа калориметра;  $T_1$  – начальная температура пробирки, равная температуре термостата;  $T_{равн}$  – температура пробирки после установления равновесия;  $C_1$  – теплоемкость воды;  $m_1$  – масса воды, залитой в калориметр;  $C_2$  – теплоемкость песка;  $m_2$  – масса навески исследуемого вещества, т.е. песка;  $\Delta T$  – изменение температуры, измеряемое графически.

Нам необходимы значения, взятые из справочников:

$$W = 14,6 \text{ Дж/к}; C_1 = 4,18 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}.$$

Для того чтобы найти тепловую константу пробирки необходимо провести эксперимент с пустой пробиркой. Таким образом, уравнение теплового баланса упрощается и принимает вид:

$$K(T_1 - T_{равн}) = (W+C_1 \cdot m_1) \cdot \Delta T. \quad (2)$$

Последовательность проведения эксперимента:

- взвешиваем песок – вещество, предоставленное для исследования;
- формируем таблицу для записей экспериментальных данных в виде двух столбцов, в один записываем номер отсчета температуры (интервал составляет одну минуту), в другой значение температуры;
- включаем термостат и нагреваем его до 50 °С. Это температура  $T_1$ ;
- помещаем в термостат две пробирки на 15–20 мин. Они идентичны. Одна – пустая (с ее помощью определяем тепловую константу), другая с песком (для определения его средней теплоемкости);
- в это время устанавливаем в калориметр термометр Бекмана и мешалку. Термометр не должен касаться дна и стенок калориметра. Заливаем дистиллированную воду, объем которой составляет 60 мл. Температура воды – 20 °С (комнатная температура). Объем дистиллированной воды измеряли при помощи мерного цилиндра;
- перемешиваем воду; записываем значения температуры в течение десяти минут, снимая показания каждую минуту. На одиннадцатой минуте помещаем в калориметр нагретую в термостате пустую пробирку. Продолжаем эксперимент еще десять минут до наступления теплового равновесия;
- после окончания опыта измеряем температуру воды в калориметре при помощи обыкновенного термометра. Она составляет:  $T_2 = 25$  °С;

Результаты проведения «холостого» опыта представлены в табл. 1. Видно, что имеется несколько участков: начальный – соответствующий измерениям температуры воды при нейтрализации; основной – происходит теплообмен; конечный – система приходит к тепловому равновесию.

Таблица 1

Экспериментальные данные «холостого» опыта

Номер отсчета, мин	Показания термометра Бекмана без пробирки	Номер отсчета, мин	Показания термометра Бекмана с пустой пробиркой
1	2,58	11	3,7
2	2,59	12	3,6
3	2,6	13	3,6
4	2,6	14	3,42
5	2,6	15	3,4
6	2,6	16	3,26
7	2,6	17	3,25
8	2,6	18	3,2
9	2,6	19	3,19
10	2,6	20	3,17

Определяем, температуру теплового равновесия. Она соответствует 25,9 °С.

Тепловую константу пробирки находим из упрощенного уравнения теплового баланса (2). Тепловая константа пробирки  $K$  равна 9,91 Дж/К.

Проводим второй эксперимент. Используем навеску песка, которую помещаем во вторую пробирку. Последовательность выполнения опыта, описана выше.

Температура воды в калориметре, после окончания опыта составила  $T_3 = 22$  °С. Результаты представлены в табл. 2.

**Экспериментальные данные опыта с песком**

Номер отсчета, мин	Показания термометра Бекмана без пробирки	Номер отсчета, мин	Показания термометра Бекмана с навеской песка
1	1,58	11	2,45
2	1,6	12	2,9
3	1,62	13	3,02
4	1,64	14	3,02
5	1,65	15	2,88
6	1,66	16	2,88
7	1,67	17	2,85
8	1,69	18	2,8
9	1,7	19	2,75
10	1,7	20	2,71

Температура теплового равновесия в данном случае составляет 23,2 °С.

Рассчитываем среднюю теплоемкость песка по уравнению теплового баланса (2).

В результате экспериментальной работы установлено, что удельная теплоемкость исследуемого песка с размером частиц около 1 мм равна 839 Дж/кг·К. Данное значение близко к справочному значению теплоемкости сухого песка. Теплоемкость сухого песка составляет 835 Дж/кг·К [4].

**Библиографический список**

1. Чемезов А.В., Тальгамер Б.Л. Техногенные россыпи (образование, оценка и эксплуатация): монография. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2013. 238 с.
2. Потемкина Т.Г., Потемкин В.Л., Гусева Е.А. Устьевые области рек озера Байкал // Вестник ИрГТУ. 2014. № 9. С.185–192.
3. Яковлева А.А. Коллоидная химия: учеб. пособие. Сер. 11. 2-е изд., испр. и доп. М.: Юрайт, 2017. 209 с.
4. Марчик Т.П., Ефремов А.Л. Почвоведение с основами растениеводства: учеб. пособие. Гродно: ГрГУ, 2006. 249 с.

**Сведения об авторах / Information about the Authors**

**Гусева Елена Александровна,**

кандидат технических наук,  
доцент кафедры машиностроительных технологий и материалов,  
Иркутский национальный исследовательский технический университет,  
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,  
e-mail: el.guseva@rambler.ru

**Elena A. Guseva,**

Cand. Sci. (Technics),  
Associate Professor of the chair of engineering technologies and materials,  
Irkutsk National Research Technical University,  
83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russia,  
e-mail: el.guseva@rambler.ru

**Шнырова Анастасия Алексеевна,**

студентка группы СМ 18-2,  
Институт авиационного машиностроения и транспорта,  
Иркутский национальный исследовательский технический университет,  
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,  
e-mail: nastya.shnyrova@gmail.com

**Anastasia A. Shnyrova,**

Student,  
Institute of Aircraft Construction, Mechanical Engineering and Transport,  
Irkutsk National Research Technical University,  
83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russia,  
e-mail: nastya.shnyrova@gmail.com