

УДК 544.7

Расчёт среднего размера частиц и коэффициента однородности прибрежных песков, основанный на результатах ситового анализа

© А.А. Яковлева, Ч.Т. Нгуен

*Иркутский национальный исследовательский технический университет,
г. Иркутск, Российская Федерация*

Аннотация. Минеральные материалы (песок, почва, глина) имеют большое барьерное значение в природе, они являются барьерными материалами, которые защищают водоёмы. Для определения характеристик процессов, протекающих на их поверхности частиц, требуется вычисление физических параметров. Расчёт среднего размера и коэффициента однородности частиц на основе результатов ситового анализа по ГОСТ 29234.3-91 предполагает вычисление вручную. Такие расчёты приводят к большой погрешности из-за незнания математической функции кривой распределения частиц по размеру. В статье представлен метод расчёта среднего размера и коэффициента однородности частиц прибрежного песка с помощью компьютерной программы Origin Lab 8.5. Точность полученных результатов оценена через аппроксимационный коэффициент R^2 , она составляет более 0.997. Использование программы позволяет оптимально быстро и качественно провести данный этап коллоидно-химических исследований.

Ключевые слова: песок, средний размер частиц, коэффициент однородности, ГОСТ 29234.3-91

Calculation of Average Particle Size and Uniformity Coefficient of Coastal Sands Based on Sieve Analysis Results

© Ariadna A. Yakovleva, Chung T. Nguyen

*Irkutsk National Research Technical University,
Irkutsk, Russian Federation*

Abstract. Mineral materials (sand, soil, clay) are of great importance in nature, they are barrier materials that protect water bodies. To determine the characteristics of processes occurring on their surface particles, it is necessary to calculate the physical parameters. Calculation of the average particle size and uniformity coefficient based on the results of sieve analysis in accordance with GOST 29234.3-91 involves manual calculation. Such calculations lead to large errors due to ignorance of the mathematical function of the particle size distribution curve. The article presents a method for calculating the average size and uniformity coefficient of coastal sand particles using the Origin Lab 8.5 computer program. The accuracy of the obtained results is estimated using the approximation coefficient R^2 , it is more than 0.997. Using the program allows optimally quickly and efficiently carrying out this stage of colloidal chemical research.

Keywords: sand, average particle size, uniformity coefficient, GOST 29234.3-91

Вычисление физических параметров минеральных адсорбентов, таких как средний размер частиц и коэффициент однородности, значимо для определения характеристик процессов, протекающих на поверхности частиц.

Почвы, пески, глины являются барьерными материалами, предотвращающими загрязнение среды обитания агрессивными стоками. Они выступают регуляторами химического состава вод, видового состава растительности, газового состава приземной атмосферы, являются вмещающей средой по отношению к загрязнителям, устойчиво аккумулирующей техногенные воздействия. Эти материалы – главные компоненты ландшафта, участвующие в процессе экологического мониторинга. Благодаря активной

поверхности своих частиц они поглощают вредные соединения на пути их миграции в водные экологические системы, выполняют роль защитного барьера акваторий [1–6].

Способность материалов к фильтрации зависит от удельной площади поверхности, пористости материалов, от размеров частиц и коэффициента однородности зерен. Поэтому расчёт этих параметров является важным в исследовании характеристик материалов [7].

Обычно для материалов горных пород перед проведением экспериментов выполняются квартование и ситовый анализ для оценки фракции по распределению размера частиц [8–10].

Целью работы является расчёт среднего размера и коэффициента однородности об-

разцов прибрежных песков методами компьютерного моделирования.

В данной статье мы представляем метод расчёта гранулометрических характеристик песков на основе результатов ситового анализа с помощью программы Origin Lab 8.5.

В настоящей работе использованы образцы песков, отобранных в различных провинциях Вьетнама (обозначены А, Б, Г и К). Данные, полученные после квартования и ситового анализа, представлены в табл. 1.

Таблица 1. Фракция песков по распределению масс на сите

Песок	Размер ячейки сита, мм	Масса остаток на сите, г	Остаток на сите, %	Частицы размером меньше ячейки сита, %
1	2	3	4	5
А	2	30,00	3,552	96,448
	1	36,50	4,322	92,126
	0,5	73,00	8,644	83,481
	0,25	394,50	46,714	36,767
	0,125	291,00	34,458	2,309
	0,063	19,50	2,309	0,000
	Таз (< 0,063)	0,00	0,000	0,000
Б	2	1	0,448	99,552
	1	4,7	2,107	97,445
	0,5	62,3	27,925	69,520
	0,25	144,1	64,590	4,931
	0,125	10,7	4,796	0,134
	0,063	0,2	0,090	0,045
	Таз (< 0,063)	0,1	0,045	0,000
Г	2	4,5	1,391	98,609
	1	3,5	1,082	97,527
	0,5	19,5	6,028	91,499
	0,25	118	36,476	55,023
	0,125	173	53,478	1,546
	0,063	5	1,546	0,000
	Таз (< 0,063)	0	0,000	0,000
К	2	41,50	7,786	92,214
	1	121,50	22,795	69,418
	0,5	314,50	59,006	10,413
	0,25	40,50	7,598	2,814
	0,125	15,00	2,814	0,000
	0,063	0,00	0,000	0,000
	Таз (< 0,063)	0,00	0,000	0,000

В табл. 1 массовая доля остатка песка на сите в процентах (колонка 4) вычисляется по формуле:

$$\text{массовая доля, \%} = \frac{m_1}{m} 100\% ,$$

где m_1 – масса остатка песка на сите, г; m – исходная масса песка, г (также равна мас-

совой сумме частей остатка на сите).

Для обработки результатов использовали программу Origin Lab 8.5 для построения интегральной кривой распределения частиц по размерам зерна. Интерфейс программы представлен на рис. 1.

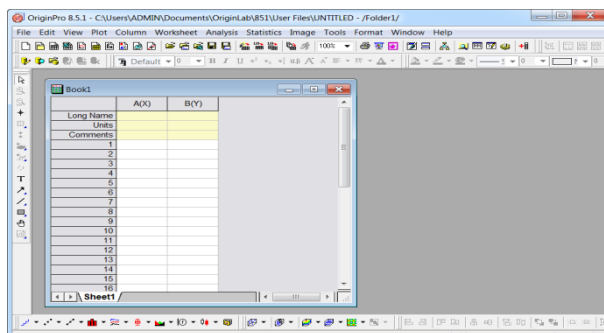


Рис. 1. Интерфейс программы Origin Lab 8.5

Данные размера ячейки сита (колонка 2) введены в колонку A(X) программы, а данные % частиц размером меньше ячейки сита (колонка 5) – в колонку B(Y). На рис. 2 в качестве примера представлен интерфейс метода ввода этих данных в программу.

После выбора диапазона данных (рис. Рис.) проводится операция анализа. Сначала выбираются шаги (рис. 4), а в следующем окне – логарифмическая функция (Logistic Function на английском языке) в пункте «Function Selection» и в клавише «Function» (рис. 5).

На рис. Рис. представлен метод нахождения значения процента частиц по размеру зерна (Find Y from X) и обратная функция (нахождение размера частиц по массовому проценту частиц – Find X from Y).

На рис. 7 показан результат после завершения пошагового анализа данных. Из рис. 7 видно, что листы «FitNL1» и «FitNL-Curve» указывают на главные результаты, листы «FitNLFindXfromY» и «FitNLFindYfromX» позволяют высчитать значения процента частиц по размеру зерна или наоборот (рис. 8, 9).

Известно, что по ГОСТ 29234.3-91

средний размер зерна $D_{ср}$ соответствует размеру сторон ячеек сетки, через которую проходит 50 % песчаной основы. Вместо определения по интегральной кривой в листе «FitNLFindXfromY» вводится значение 50 в столбец «A(Y)», и автоматически получается соответствующее значение в столбце «B(X)» (рис. 8), то есть значение среднего размера зерна $D_{ср}$, которое необходимо найти.

По ГОСТ 29234.3-91 для определения коэффициента однородности по интегральной кривой необходимо находить процентное содержание частиц размером меньше $4/3 D_{ср}$ и $2/3 D_{ср}$. На рис. 9 вместо определения по интегральной кривой в листе «FitNLFindYfromX» после калькуляции $D_{ср}$ вводят значения $4/3 D_{ср}$ и $2/3 D_{ср}$ в столбец «A(X)» и в результате получают соответствующие значения массового процента в столбце «B(Y)» (рис. 9). Коэффициент однородности равен разности этих значений.

Из листа «FitNL1» кривую можно экспортировать в другую программу (например, Microsoft Word) копированием чертежа (рис. 10).

	A(X)	B(Y)
Long Name		
Units		
Comments		
1	2	96,448
2	1	92,126
3	0,5	83,481
4	0,25	36,767
5	0,125	2,309
6	0,063	0
7	0	0
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		

Рис. 2. Ввод данных в таблицу

	A(X)	B(Y)
Long Name		
Units		
Comments		
1	2	96,448
2	1	92,126
3	0,5	83,481
4	0,25	36,767
5	0,125	2,309
6	0,063	0
7	0	0
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		

Рис. 3. Выбор диапазона данных для проведения анализа

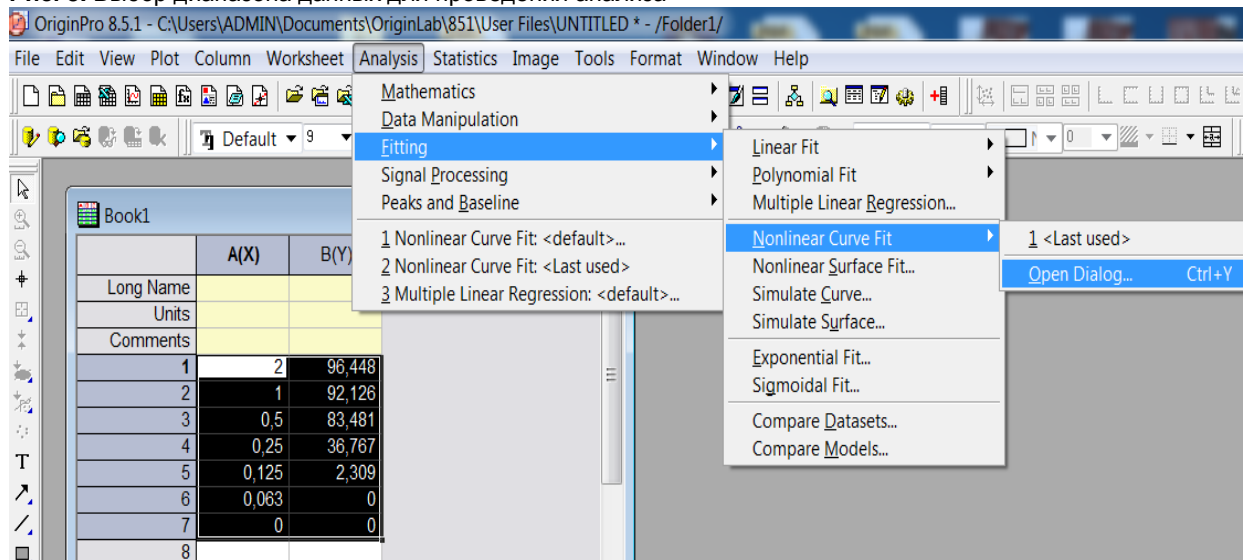


Рис. 4. Операции выбора анализа данных

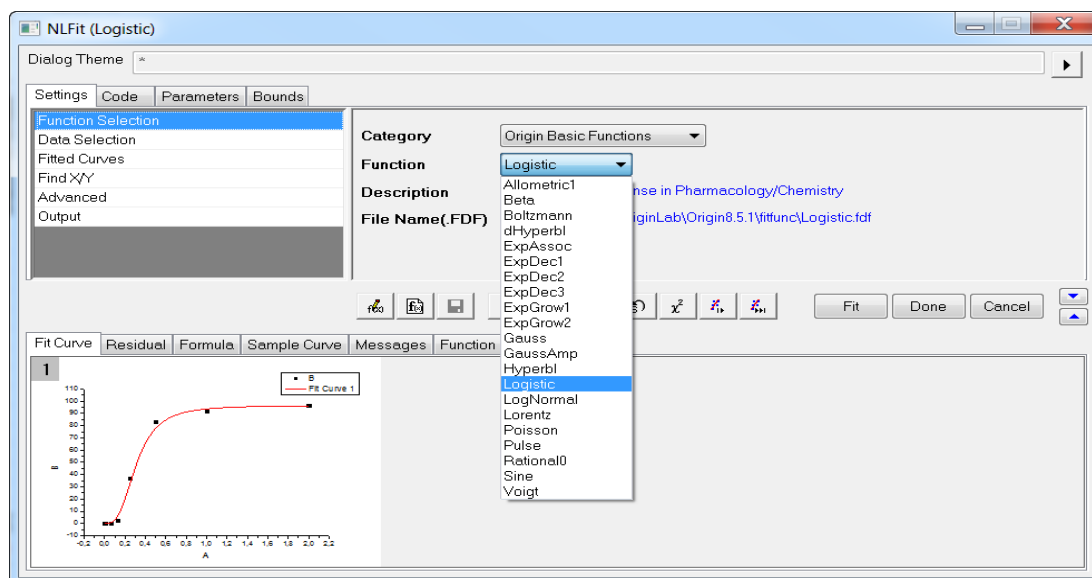


Рис. 5. Выбор функции для анализа

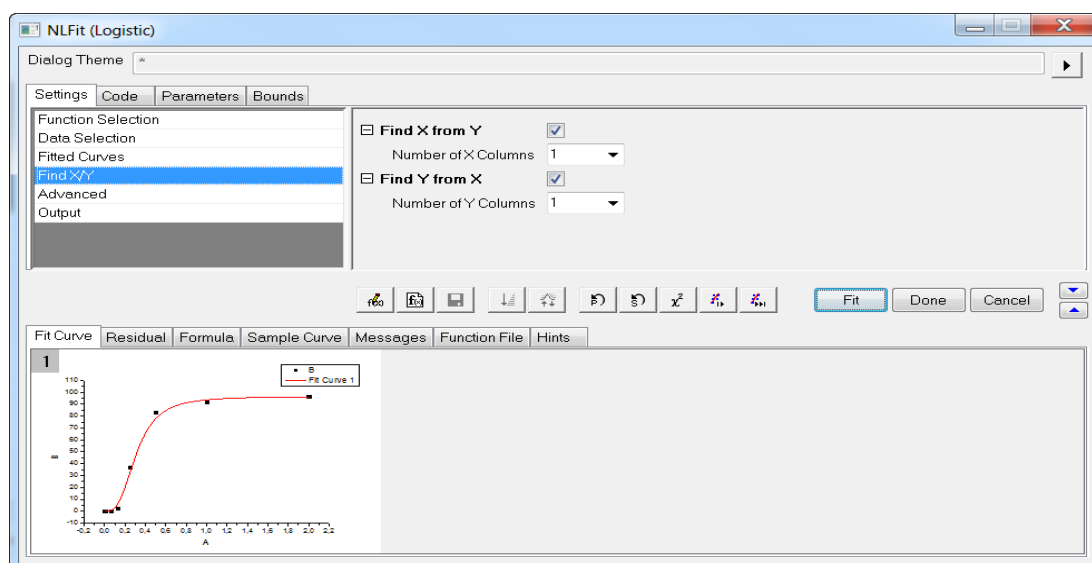


Рис. 6. Выбор нахождения значения массового процента по размеру

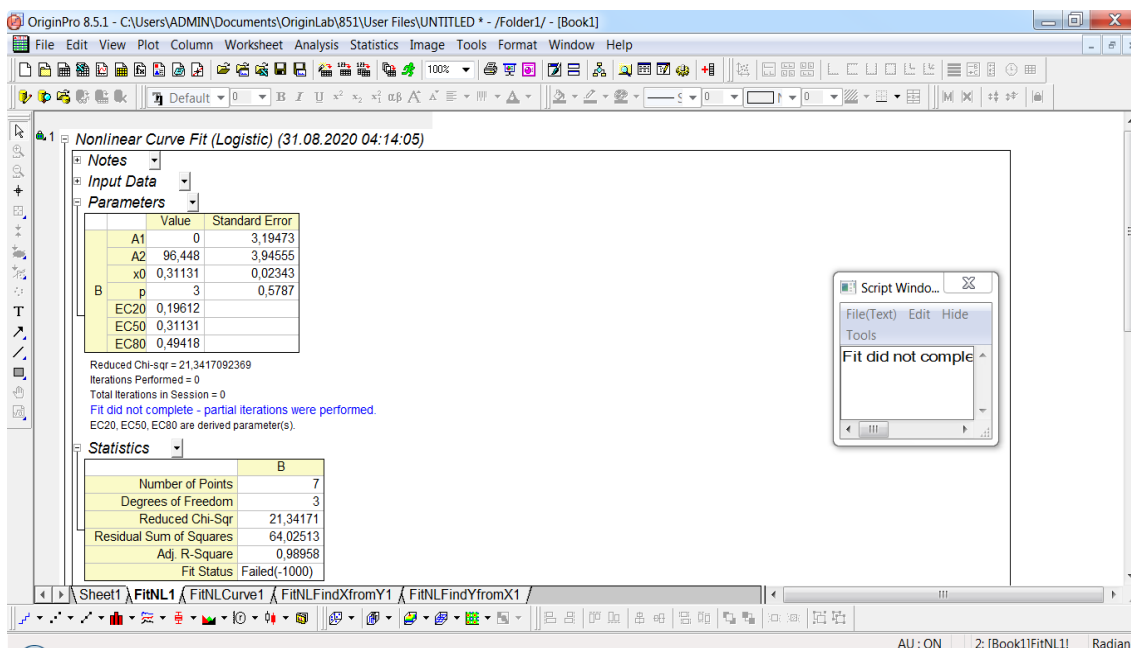


Рис. 7. Полученный результат

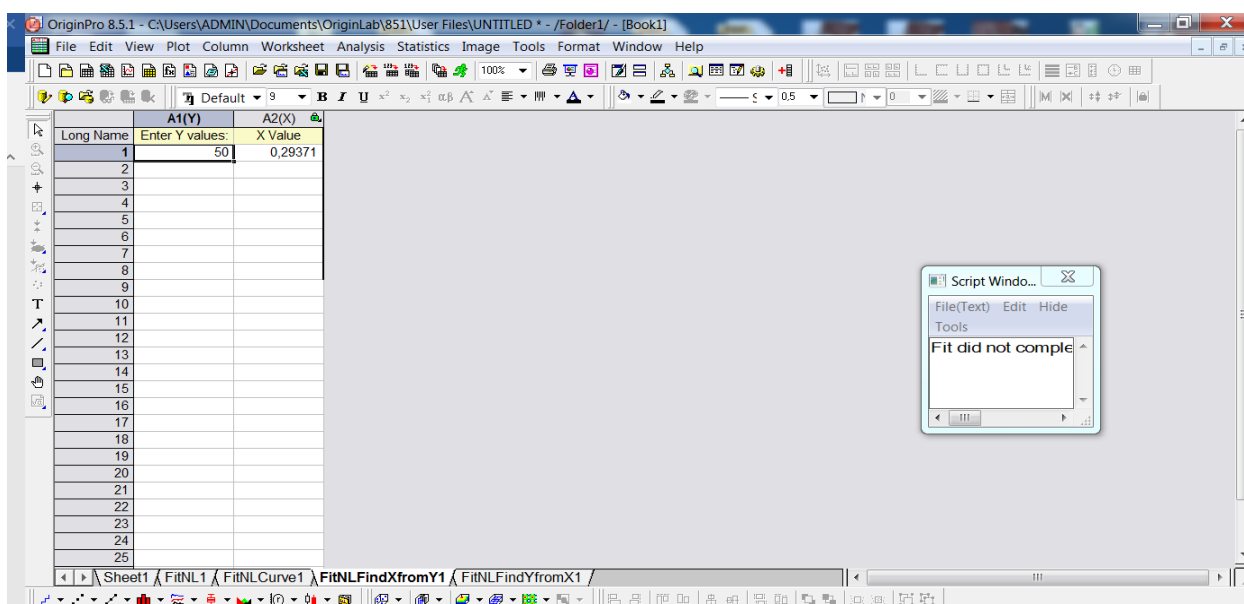


Рис. 8. Рабочий лист для нахождения размера зерна по массовому проценту

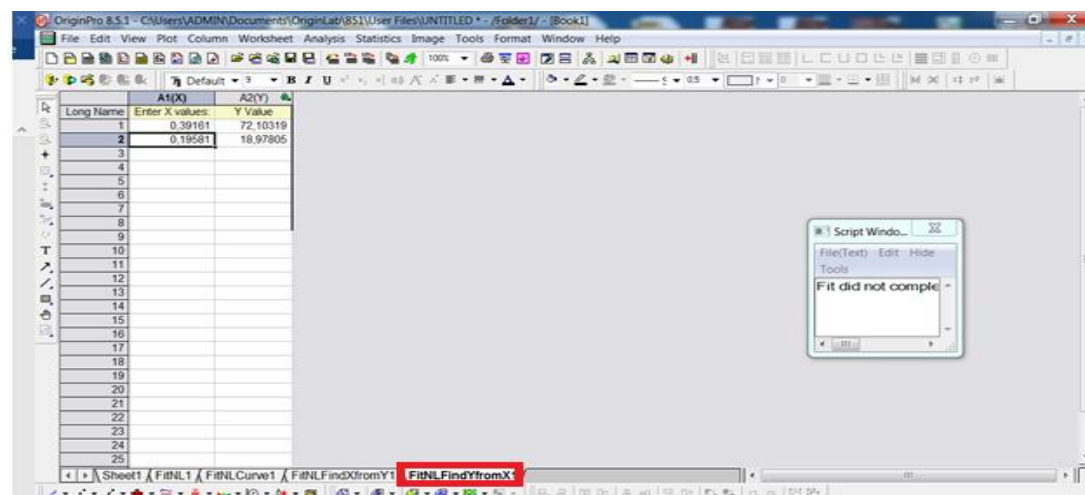


Рис. 9. Рабочий лист для нахождения массового процента по размеру зерна

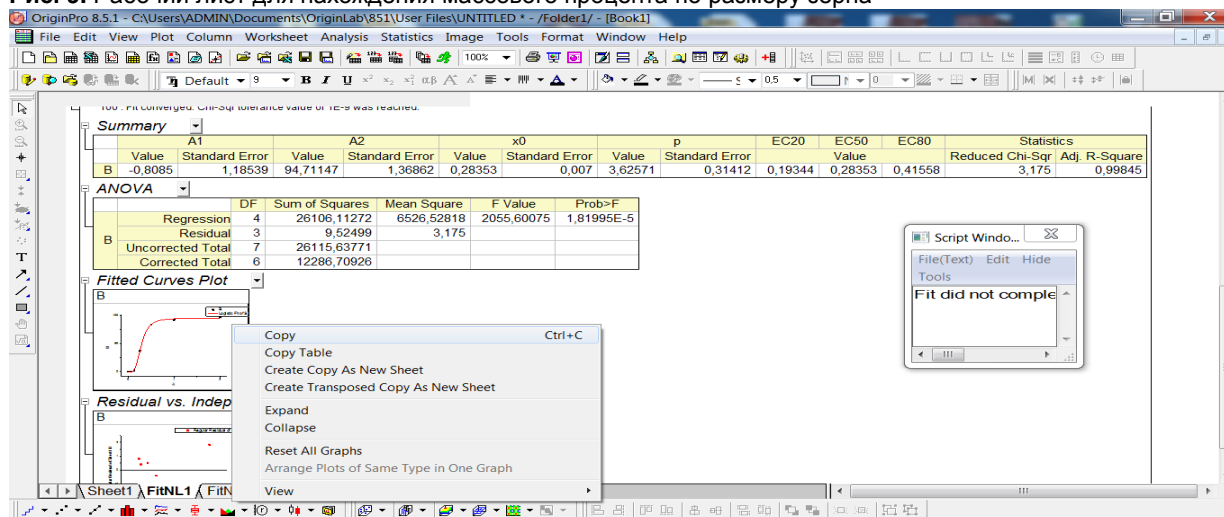


Рис. 10. Метод экспорта чертежа в другую программу

С помощью применения программы Origin Lab 8.5 для расчёта среднего размера и коэффициента однородности зерна для исследуемых

двух песков получены кривые распределения (рис. 11).

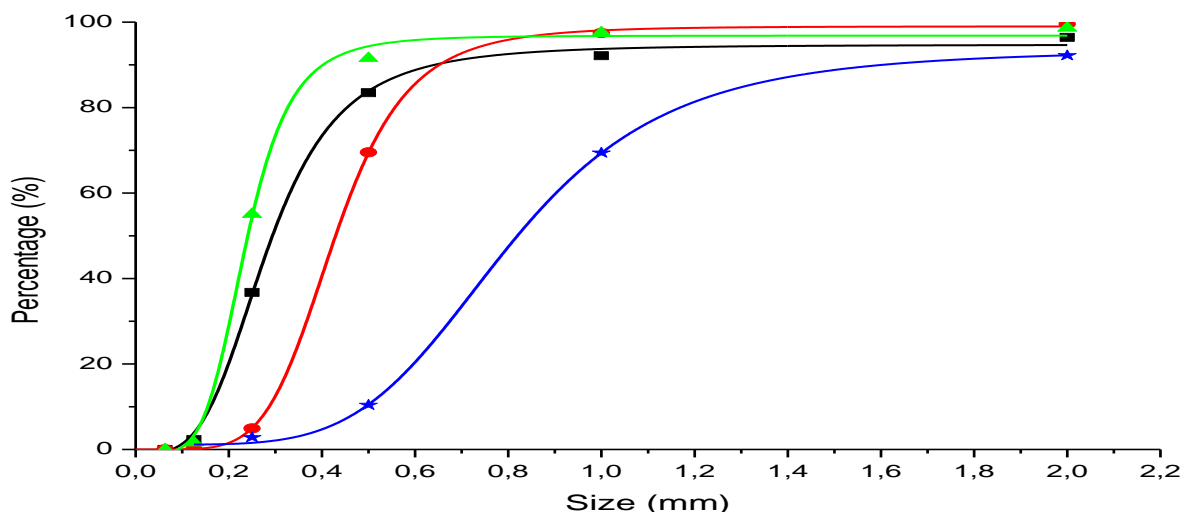


Рис. 11. Интегральная кривая зависимости процентного содержания частиц от размера зерна песков (■ А; • Б; ▲ Г; ★ К)

Точность статистического метода обеспечена высоким коэффициентом аппроксимации R^2 (табл. 2).

Таким образом, с использованием программы Origin Lab 8.5 для исследуемых песков с высокой степенью достоверности вы-

числены средний размер зерна и коэффициент однородности.

Полученные кривые распределения показывают, что пески из разных мест отбора имеют различные размеры и отличаются по однородности.

Таблица 2. Полученные результаты и оценки достоверности расчетов

Песок	$D_{ср}$, мм	$4/3 D_{ср}$, мм	$2/3 D_{ср}$, мм	Коэффициент однородности, %	R^2
А	0,294	72,103	19,978	53,125	0,998
Б	0,429	82,203	9,963	72,240	0,999
Г	0,241	78,820	11,901	66,919	0,997
К	0,849	75,988	14,621	61,367	0,998

Полученные итоги важны для анализа результатов коллоидно-химических исследований.

Библиографический список

1. Загрязнение окружающей среды замедляет рост Вьетнама // Вьетнам сегодня [Электронный ресурс]. URL: <http://asia-vietnam.ru/news-category/zagryaznenie-okruzhayushhey-sredy-sedaet-rost-vietnama/> (12.10.2020).
2. Мачулина Н.Ю. Геохимия окружающей среды. Ухта: УГТУ, 2015. 154 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://docplayer.ru/72000323-Geohimiya-okruzhayushchey-sredy.html> (12.10.2020).
3. Яковлева А.А., Нгуен Ч.Т., До В.Т. Некоторые особенности барьерных качеств песков Юго-Западного Прибайкалья по отношению к типичным экологически агрессивным стокам // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2020. Т. 10. № 1. С. 159–168.
4. Гунич С.В., Янчуковская Е.В. Очистка продуктов сгорания топлива установки переработки твердых бытовых отходов // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2018. Т. 8. № 1. С. 92–98.
5. Зыкова Ю.А., Самохвалов Н.М., Виноградов В.В. Эффективность регенерации щелевого фильтра // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2018. Т. 8. № 1. С. 99–105.
6. Гребенщикова В.И., Лустенберг Э.Е., Китаев Н.А., Ломоносов И.С. Геохимия окружающей среды Прибайкалья (Байкальский геозкологический полигон). Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2008. 234 с.
7. Нгуен Ч.Т., Яковлева А.А. Пески Вьетнама как объект коллоидно-химических исследований // Проблемы земной цивилизации: материалы I Всероссийской научно-теоретической конф. к 90-летию Н.М. Пожитного (г. Иркутск, 20 декабря 2018 г.). Иркутск: Изд-во ИРНТУ, 2018. Т. 1. С. 22–28.
8. Куц В.П., Слободян С.М. Метод анализа дисперсного состава аэрозолей, пыли и порошков // Известия АлтГУ. 2014. Т. 81. № 1. С. 248–251.
9. Коузов П.А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов. Л.: Химия, 1987. 264 с. [Электронный ресурс]. URL: https://www.studmed.ru/kouзов-pa-osnovy-opredeleniya-dispersnogo-sostava-promyshlennyh-pyley-i-izmelchennyh-materialov_f34e76a8bd1.html (12.10.2020).
10. Lidefelt J., Royce J., Jagschies G. Filtration Principles // Biopharmaceutical Processing. Development, design and Implementation of manufacturing Processes. United Kingdom: John Fedor, 2018. P. 279–293.

Сведения об авторах / Information about the Authors

Яковлева Ариадна Алексеевна,
доктор технических наук,
профессор кафедры химии и пищевой техно-
логии им. проф. В.В. Тутуриной,
Институт высоких технологий,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Рос-
сийская Федерация,
e-mail: ayakovistu@mail.ru

Нгуен Чунг Тхуй,
аспирант кафедры химии и пищевой техноло-
гии им. проф. В.В. Тутуриной,
Институт высоких технологий,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Рос-
сийская Федерация,
e-mail: nguyentrungthuy_irk@mail.ru

Ariadna A. Yakovleva,
Dr. Sci. (Technics),
Professor of Chemistry and Food Technology
Department named after prof. V.V. Tuturina,
Institute of High Technologies,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov Str., Irkutsk, 664074, Russian
Federation,
e-mail: ayakovistu@mail.ru

Chung T. Nguyen,
Postgraduate Student of Chemistry and Food
Technology Department named after prof.
V.V. Tuturina,
Institute of High Technologies,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov Str., Irkutsk, 664074, Russian
Federation,
e-mail: nguyentrungthuy_irk@mail.ru