

## Вольфганг Оствальд и его «Мир обойденных величин»

А. М. Асхабов

Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, [askhabov@geo.komisc.ru](mailto:askhabov@geo.komisc.ru)

В кратком очерке, посвященном немецкому химику Вольфгангу Оствальду и его книге «Мир обойденных величин», приводятся сведения о жизни и деятельности ученого, обсуждаются некоторые итоги исследовательского прорыва в мир обойденных величин. Обращается внимание на важность изучения протоминерального мира, названного «новым миром обойденных величин». Отмечены современные инструментальные возможности его исследования.

**Ключевые слова:** В. Оствальд, «мир обойденных величин», дисперсное состояние вещества, этапы вторжения в наномир, протоминеральный мир, фемтосекундные и аттосекундные импульсы в изучении объектов протоминерального мира

## Wolfgang Ostwald and his "World of neglected dimensions"

A. M. Askhabov

Institute of Geology FRC Komi SC UB RAS, Syktyvkar

A short essay about German chemist Wolfgang Ostwald and his book "The World of Neglected Dimensions" provides information about the life and work of the scientist and discusses some results of research breakthrough into the world of neglected dimensions. Attention is drawn to the importance of studying the protomineral world, called "new world of neglected dimensions". Modern instrumental possibilities for the study are noted.

**Keywords:** W. Ostwald, "world of neglected dimensions", dispersed state of matter, stages of invasion into the nanoworld, protomineral world, femtosecond and attosecond pulses in the study of objects of the protomineral world

### Введение

Этой заметкой автор продолжает серию публикаций, посвященных выдающимся открытиям, знаменательным датам и людям, изменившим науку и направления её развития. Они касаются в основном близких автору областей науки: кристаллографии, минералогии, физической химии, материаловедения и нанотехнологий. В этот раз речь идет о выдающемся немецком ученом-химике В. Оствальде и его знаменитой книге «Мир обойденных величин» (Оствальд, 1923), изменившей представления о микро- и наномире и имевшей далеко идущие последствия для развития науки о дисперсном состоянии вещества, в том числе и минерального.

Название книги появилось из оценки В. Оствальдом ситуации, сложившейся в физической химии в начале XX века, когда микроскопические объекты, размеры которых находятся между миром атомов и молекул с одной стороны и объектами макроскопических размеров с другой оказались как бы за бортом науки, вне должного внимания физиков и химиков. И понятие «мир обойденных величин», или, как иногда его переводят, «Мир забытых измерений», оказалось очень подходящим для характеристики этого мира, куда даже в те годы входили разнообразные объекты, не только коллоидные системы, золи, мицеллы, микроэмульсии, но также природные коллоиды, гели, мозаичные и иерархически построенные минеральные образования и др.

### В. Оствальд. Биография

Даже химики, не говоря о других специалистах, мало знают биографию В. Оствальда, имя которого не-



Рис. 1. В. Оствальд (1883—1943)

Fig. 1. W. Ostwald (1883—1943)

справедливо остается в тени его великого отца. Ниже приводим краткие сведения из биографии этого несомненно незаурядного ученого и человека, посвятившего свою жизнь созданию и пропаганде новой для того времени науки — коллоидной химии.

Карл Вильгельм Вольфганг Оствальд (рис. 1) — немецкий химик, второй сын лауреата Нобелевской премии по химии 1909 года Фридриха Вильгельма Оствальда, родился 27 мая 1883 года в Риге. В 1887 году семья Оствальдов переехала в Германию и отец занял кафедру физической химии в Лейпцигском университете. В 1904 году Вольфганг окончил этот университет и уехал в США для продолжения образования и работы в Калифорнийском университете в Беркли, где специализировался в области биологии (зоологии). Но вскоре (1906) был лишен стипендии и вернулся в Германию. В дальнейшем до конца жизни проработал в Лейпцигском университете, где серьёзно заинтересовался вопросами коллоидной химии и вскоре превратился в одного из лидеров этой новой области науки. В 1907 году он уже редактировал научные журналы по коллоидной химии. В 1913—1914 годах был приглашен в США для чтения в американ-

ских университетах лекций. Они имели блестящий успех и стали основой для его будущей знаменитой книги. Что интересно, В. Оствальду тогда было всего 30 лет! Во время Первой мировой войны он проходил службу на Западном фронте. Был уволен по болезни в звании старшего лейтенанта. С 1919 года он работал в основанном его отцом физико-химическом институте Лейпцигского университета, где организовал коллоидно-химические исследования. В 1922 году основал коллоидное общество, опубликовал ряд блестящих работ и руководств по коллоидной химии. В 1923 году стал профессором. За исследования коллоидов его по праву называют одним из основателей коллоидной химии. Любопытно, что его самого название науки «коллоидная химия» не очень устраивало. Он даже предлагал назвать эту науку «дисперсоидология», поскольку многие свойства коллоидных систем были связаны с их высокой дисперсностью. Идея, однако, не получила признания. В 1931 году В. Оствальд номинировался на Нобелевскую премию, но не получил её. Часто В. Оствальда по ошибке называют лауреатом Нобелевской премии, путая его с отцом, который, кстати, номинировался 20 раз, пока не получил её в 1909 году. Умер Оствальд 22 ноября 1943 года в Дрездене.

#### «Мир обойденных величин» В. Оствальда

Книга «Мир обойденных величин» была подготовлена В. Оствальдом по материалам лекций, которые он прочитал во время поездки в США и Канаду зимой 1913—1914 годов<sup>1</sup> (54 лекции в течение 74 дней), из которых для книги были выбраны 5. Вот перечень этих лекций: 1. Основные явления коллоидного состояния. Коллоиды как дисперсные системы. Методы получения коллоидных растворов. 2. Систематика коллоидов. Физико-химические свойства коллоидов в зависимости от степени их дисперсии. 3. Изменение состояния коллоидов. 4. Научные приложения коллоидной химии. 5. Технические и практические приложения коллоидной химии.

Книга была написана ещё весной 1914 года. Однако после начала войны и автор и издатель были призваны в армию, и она была издана уже в следующем, 1915 году. Русский перевод (Оствальд, 1923) был сделан с шестого немецкого издания и опубликован чуть более 100 лет назад (Оствальд, 1923). Перевод с десятого немецкого издания вышел в 1930 году.

Идея книги возникла не на пустом месте. Кроме желания автора изложить на бумаге столь успешно прошедшие в США лекции, были ещё другие мотивационные обстоятельства. К тому времени в немецкой научной литературе было уже достаточно много работ в области, которую стали называть коллоидной химией. Однако, как отмечает В. Оствальд, «никто ещё, кажется, не пробовал осветить значение современной коллоидной химии как самостоятельной науки с особым указанием на её многочисленные научные и технические приложения <...> Опыт связной картины современной чистой и прикладной коллоидной химии, осуществленной по возможности в общедоступной форме, кажется автору новым <...> Книга назначена,

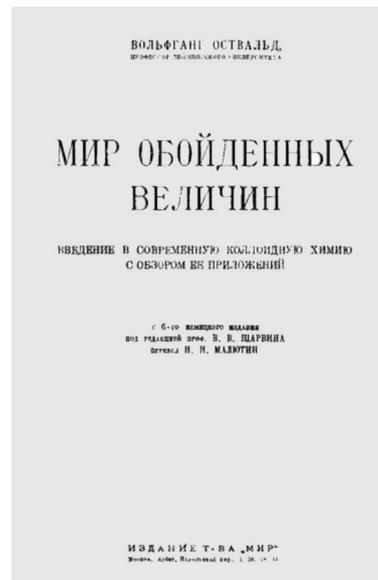


Рис. 2. Титульный лист книги В. Оствальда  
Fig. 2. Title page of the book by W. Ostwald

таким образом, в первую очередь для тех читателей, которые ещё ничего не слыхали о коллоидной химии или во всяком случае мало о ней знают». Здесь и далее приведены цитаты из предисловий автора к книге.

Возможно, именно эта особенность книги способствовала тому, что она вызвала такой большой интерес не только у химиков. Книга действительно была принята очень хорошо. «Коллоидный» взгляд на мир многим пришелся по вкусу, в том числе геологам и минералагам. Особенно близки «коллоидные» идеи были тем, кто изучал природные дисперсные (коллоидные) системы. В обиход даже вошли термины «коллоидно-дисперсная» и «коллоидная» минералогия. Предметом специального изучения стали широко распространенные природные коллоиды. Так, уже в 1936 году вышла книга Ф. В. Чухрова «Коллоиды в земной коре», в которой довольно подробно рассматривалось значение коллоидного состояния вещества для процессов формирования и преобразования минералов и руд, излагались основы коллоидной минералогии.

Книга, как и хотел её автор, стала «проводником в новый мир замечательных явлений и своеобразных мыслей — мир, так давно уже существующий и так недавно сделавшийся действительно предметом познания». Весьма доволен был и автор книги. Радовался успехам пропагандируемой им науки. Он был уверен в том, что «стремление становиться при исследовании различных вопросов на коллоидно-химическую точку зрения отнюдь не является какой-то преходящей научной модой, а оно в действительности оказалось весьма плодотворным... Область чистой и прикладной коллоидной химии представляется неисчерпаемой, и наше поколение, конечно, не доживет до того момента, когда коллоидная химия, перестав давать новое и неожиданное, станет скучной». Он писал, что «автору хочется повторить, что он по-прежнему чувствует себя счастливым, работая в этой науке, где открываются новые горизонты». В предисловии к девятому из-

<sup>1</sup> Интересно, что его отец Вильгельм Оствальд в 1905—1906 годах с большим успехом прочитал лекции в США, которые стали основой для его знаменитой книги «Путеводные нити химии», изданной в 1908 году.



данию своей книги В. Оствальд уже оптимистично отмечал, что «в настоящее время нельзя больше смотреть на коллоидную химию как на “обойденную” область знания». Но неизведанного в мире обойденных величин было ещё много.

То, что идеи В. Оствальда имели грандиозное влияние на химиков, особо не удивляет, поскольку они имели дело с очень современной и модной наукой. Но нам интересна не сама по себе коллоидная химия, а то, как она повлияла на развитие смежных наук, на расширение и появление новых объектов исследования, на прогресс в области изучения дисперсных частиц, ультрадисперсного минерального вещества, получения микро- и наноструктурированных материалов.

### Этапы вторжения в мир обойденных величин

Прозвучавший в книге В. Оствальда призыв к исследованию «мира обойденных величин» был воспринят с энтузиазмом и послужил стимулом для многих совершенно уникальных и неожиданных открытий, многие из которых были удостоены Нобелевских премий. В частности, в 1925—1926 годах премию получили Р. Зигмонди («открыл доступ в мир недоступных размеров»), Т. Сведберг и Ж. Перрен («за прорыв в мир дискретных частиц»). Горизонты коллоидной химии были значительно расширены.

Однако первый этап вторжения в «мир обойденных величин» имел очевидные инструментальные ограничения. Для исследования были доступны лишь объекты микронных (коллоидных) размеров. Наноразмерный уровень оставался недостижимым. Последующие несколько десятилетий ушли на осознание необходимости проникновения именно в мир наноразмерных объектов и создание соответствующих экспериментальных методов их изучения. Перспективные в плане инструментального обеспечения наблюдения объектов на границе наномира электронные микроскопы были созданы позднее, уже в эру электроники. В результате их использования был осуществлен грандиозный прорыв в изучении вещества на микроуровне.

Происходящая в наше время нанотехнологическая революция — это результат уже второго этапа вторжения в «мир обойденных величин». Успехи этого этапа были обусловлены тем, что к этому этапу была решена также проблема инструментального обеспечения соответствующих исследований. Возможности микроскопии, а точнее уже наноскопии, существенно расширились с появлением в 1986 году сканирующей атомно-силовой микроскопии. В результате к середине 80-х годов прошлого века были созданы материально-технические основы для второго этапа вторжения в необъятный мир обойденных величин, теперь уже действительно в наноразмерную область.

Эти годы характеризовались также тем, что были сделаны впечатляющие открытия в мире наноразмерных частиц. Среди них открытие фуллерена, нанотрубок, суператомов, синтез различных наноструктурированных материалов и т. д. Они в значительной степени повлияли на развитие интереса к наномиру, к необычным свойствам и формам существования частиц в этом мире. Приставка «нано-» стала весьма популяр-

ной. Обычными стали слова «нанонауки», «нанотехнологии», «нанохимия», «нанофизика» и т. д. Новые идеи стремительно проникли в минералогия (Наноминералогия, 2005; Askhabov, 2019). В ходу термин «наноминералогия», ставший символом нового этапа развития минералогической науки.

### О новом мире обойденных величин

Все эти достижения хорошо освещены в литературе. Однако есть ещё один важный результат вторжения в наномир. Он был сформулирован нами как открытие «протоминерального мира» (Асхабов, 2018). Речь здесь о своеобразном мире наноразмерных частиц в минералообразующих средах, о которых предметно стали говорить в последнее время. С учетом ещё неоткрытых прогнозируемое их разнообразие может быть огромным. Это мир, в котором в конечном счете из этих частиц и происходит образование минералов. Оказалось, что в этом мире существуют не только обычные атомы, ионы, ионные пары, молекулы, ассоциаты, но и разнообразные в той или иной форме организованные частицы, переходные состояния, промежуточные формы, интермедиаты, кластеры, прекурсоры, фрагменты кристаллических структур, упоминаемые в работах автора кластеры «скрытой» фазы, или кватароны (Асхабов, 2019), и т. д. Если мир минералов — это мир существования минералов, то протоминеральный мир — это мир творения («зачатия») минералов, мир до первых минеральных наноиндивидов. Он очевидно важен для минералогии, для понимания предшествующих образованию минералов процессов. Возможно, там найдём ответ и на вопрос: почему минералов всего несколько тысяч? По аналогии с В. Оствальдом мы назвали протоминеральный мир «новым миром обойденных величин» (Асхабов, 2024).

Интересно, что объекты протоминерального мира вошли не только в современную минералогическую, но и физическую и химическую повестки. Мы реально имеем дело с целым новым миром для исследований. Предполагается, что именно в этом мире находятся ключи к пониманию многих вопросов мироздания. По крайней мере интеллектуальную привлекательность предлагаемого протоминерального проекта трудно оспаривать. Проект ориентируется на получение ответов на вопросы, не только как образуются минералы, но и почему они образуются, почему минералы именно такие, какие они есть?

Однако мы опять столкнулись с ситуацией, когда отсутствуют инструменты для прямого изучения объектов и процессов в протоминеральном мире. Мы на грани третьего этапа вторжения в глубины наномира. В этом плане определенные надежды возлагались на построенный в Германии с участием России лазер на свободных электронах. Он предназначен для изучения в деталях процессов взаимодействия атомов. Эта проблема, которая вышла на передний край науки после знаменитых экспериментов А. Зивейла с использованием фемтосекундной спектроскопии (Нобелевская премия по химии за 1999 г.), когда впервые удалось зафиксировать переходные состояния из атомов в процессе образования ими молекул и отслеживать движение отдельных атомов в молекулах при химических реакциях. Ж. Мур и Д. Стрикленд, разработавшие метод



генерации фемтосекундных лазерных импульсов, в 2018 году были удостоены Нобелевской премии по физике.

Сейчас задача наблюдения за процессами образования и эволюции кватаронов и других протоминеральных частиц стала гораздо ближе к решению в связи с разработкой способов получения аттосекундных световых импульсов (Нобелевская премия по физике 2023 года — П. Агостини, Ф. Краус, А. Л'Юилье). Премия присуждена за создание инструментов для исследования динамики электронов внутри атомов и молекул, что, безусловно, должно открыть путь и для изучения динамики атомов в «живых» кластерах и других разнообразных частицах в протоминеральном мире. И тогда пока ещё неведомый «новый мир обойденных величин» станет доступным для исследования, понимания и использования.

### Заключение

Книга В. Оствальда «Мир обойденных величин», положившая начало физическому, химическому, минералогическому вторжению в мир микро- и наноразмерных объектов, безусловно, относится к числу выдающихся произведений. Она на многие десятилетия задала магистральные направления развития не только физической (коллоидной) химии, но и целого ряда смежных областей науки, в том числе и минералогии. Она и сейчас, через сто лет, продолжает воздействовать на наши умы, заставляя искать новые «обойденные» объекты в мире обойденных величин, открывать новые уровни и инструменты их исследования и практического использования. Эта небольшая книга Вольфганга Оствальда навсегда изменила понимание и восприятие нами микро-, а затем и наномира.

*Работа выполнена в рамках госзадания ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.*

### Литература / References

Асхабов А. М. Новый этап минералогического вторжения в "мир обойденных величин": открытие протоминерального мира // 200 лет РМО: Материалы юбилейного съезда Российского минералогического общества. 2018. СПб., Т. 2. С. 3—5.

Askhabov A. M. A new stage of mineralogical invasion into the "world of neglected dimensions": discovery of the protomineral world. 200 years of RMS: Proceedings of the anniversary congress of the Russian Mineralogical Society, 2018, St. Petersburg, V. 2, pp. 3—5. (in Russian)

Асхабов А. М. О свойствах предзародышевых (протоминеральных) кластеров // ДАН. 2019. Т. 487. № 5. С. 524—574. DOI: 10.31857/S0869-56524875524-527

Askhabov A. M. Properties of pre-embryonic (protomineral) clusters // Doklady Earth Sciences, 2019, V. 487, No. 5, pp. 524—574. (in Russian)

Асхабов А. М. Протоминеральный мир — новый мир обойденных величин // ЗРМО. 2024. № 1. С. 3—11. DOI: 10.31857/S0869605524010018

Askhabov A. M. Proto-mineral world — a new world of neglected dimensions. Proc. RMS, 2024, No. 1, pp. 3—11. (in Russian)

Наноминералогия. Ультра- и микродисперсное состояние минерального вещества / Отв. ред.: Н. П. Юшкин, А. М. Асхабов, В. И. Ракин. СПб.: Наука, 2005. 581 с.

Nanomineralogy. Ultra- and microdispersed state of mineral matter. Eds.: N. P. Yushkin, A. M. Askhabov, V. I. Rakin. St. Petersburg: Nauka, 2005, 581 p. (in Russian)

Оствальд В. Мир обойденных величин: Введение в современную коллоидную химию с обзором её приложений. М.: Мир, 1923. 228 с.

Ostwald V. The world of neglected dimensions. Introduction to modern colloidal chemistry with a review of its applications. Moscow: Mir, 1923, 228 p. (in Russian)

Чухров Ф. В. Коллоиды в земной коре. М.: Изд-во АН СССР, 1936. 140 с.

Chukhrov F.V. Colloids in the earth's crust. Moscow: AS USSR, 1936, 140 p. (in Russian)

Askhabov A. M. Mineralogical Breakthrough into nanoworld: results and challenges. Springer. Proceedings in Earth and Environmental Sciences, 2019, P. 33—36.

Поступила в редакцию / Received 31.05.2024