

Надо популяризировать почвоведение по его новым современным направлениям

Е.В.Шеин

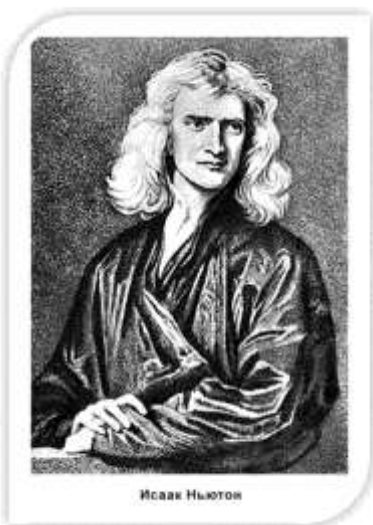
Факультет почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова, 119199, Москва, Ленинские горы;

evgeny.shein@gmail.com

Как не покажется это странным, но современная физика начиналась с научно-популярных произведений. Современная физика, по общему признанию, начиналась с Галилео Галилея, предложившего теоретическое понятие пустоты и его закона: «Все тела в пустоте падают с одним и тем же ускорением». Это было так неожиданно и смело, что идею не понимал и не принимал никто. И Галилею пришлось заняться научно-популярной литературой. Его главные книги имеют форму бесед-дискуссий между тремя персонажами: между настоящим ретроградом, между очень современным мыслителем, представлявшим взгляды самого Галилея, ну а третий, – вроде судьи, здраво рассматривает положения указанных первых двух. И Галилею, чтобы его поняли пришлось перейти с древнего языка – с латыни на современный (того времени) и живой итальянский. Это дало ему возможность рассказать просто и живо, но рассказать о драме идей, творящихся между людьми. Очень привлекательно, правдиво и эмоционально! Но это подействовало! Идея Галилео были восприняты. Да так, что Альберт Эйнштейн назвал его «отцом современной физики» [1]. И быть может потому, что Галилей говорил свободно, дискуссионно, вне господствовавших тогда аристотелевских положений, эта свобода и новизна, безусловно, привлекла много сторонников.



Второй великий шаг в физике сделал, конечно же, Ньютон, написавший свой знаменитый труд «Математические начала натуральной философии» или просто «Начала». Удивительно то, что первую версию своих «Начал» Ньютон написал общедоступным, фактически научно-популярным языком. Что заставило его писать так свободно, раскованно и привлекательно? Почему лишь потом он перешел на научный язык, доступный лишь его коллегам-физикам? Это остается загадкой. Видимо, сказались уверенность в своем убеждении, и собственные завлекательные мотивы. А может быть всегда необходимо сначала рассказать что-то новое простым языком, чтобы понять самому, и изложить будущие открытия и достижения в популярном и доступном виде. Очень важный пример для нас – изложения новых научных достижений простым бытовым языком. Какой замечательный пример! Как же хочется пожелать ему следовать!



Давайте попробуем поучиться популяризации науки у современных научно-популярных журналов. Откроем за последние года два такие маститые научно-популярные издания как «Знание-сила» и «Наука и жизнь». К сожалению, почвоведения там нет, или почти нет. К счастью, встречаются научно-популярные статьи (А.Смагин, 2013; И. Курганова, В. Кудеяров, 2012; А.Степанов, 2011; Е.Шейн, А.Федотова и др., 2011) в журнале «Наука в России». Интересные, увлекательнейшие статьи. Но эти статьи посвящены в большей степени циклам углерода, предостережениям о потере нашими почвами гумуса, «обнищанию» почв. Это, безусловно, очень важный и научно-значимый факт, но скорее относящийся к уже слегка поднадоевшей всем наукам проблеме парникового эффекта. О почвоведении, как о современной науке с её особой притягательной силой, о перспективах и возможностях этой науки остается только догадываться.

Посмотрим и проанализируем другие близкие науки в научно-популярных журналах. Например, географию. Географы после того, как описали, измерили и закартировали всё на Земле, окунулись в экологию, посчитав её родственной природопользованию. Ведь природа – это их область! Но, к сожалению, про природу они мало пишут. Если только о каких-нибудь супер-интригующих, загадочных и диких местах, заповедниках. А вот в перелистываемых журналах, если и встречаются статьи по географии, то это, как правило, демография, социальная география, народонаселение, – те области, которые начали развиваться в последнее время очень активно, в связи с глобализацией и геополитическими устремлениями всех правительств. Или о суперсовременных направлениях в географии, таких как культурная и гуманитарная география. Даже новый журнал появился недавно: «Культурная и гуманитарная география»! Иначе говоря, о географии в научно-популярных журналах пишут прежде как об очень современной науке – о народонаселении и природных ресурсах, то есть о самом модном и актуальном.

Попробую-ка просмотреть научно-популярные статьи по физике, ведь эта область для меня совсем «чистая», полное «белое пятно», почти ничего не представляю и не знаю про современную физику. Чем же в этом случае увлекают физики? Адронным коллайдером? Встречается. Но очень непонятно. Взрывом-прародителем Вселенной? Бывают такие статьи, но по мне совсем уж фантастика. Большой частью статьи по астрофизике, про современные космические аппараты, про ближайшие планеты, про черные дыры и белые карлики. Это тоже непонятно, но представить и возбудить фантазию уже легче. А главное – тоже очень современно, увлекательно, а для пожилого поколения и эмоционально, – не летит ли на Землю метеорит? Итак, и здесь, в физике, пишут об очень современном и актуальном. Вывод – надо писать о почвоведении, не как о науке, изучающей некоторые горизонты, профили и не совсем понятную эволюцию, а о новых приборах и современных направлениях в почвоведении.

Можно попробовать привести пример предыдущего тезиса о популярном представлении модного и современного почвоведения, – как это сделать? Ну, например, надо написать популярно и научно о гранулометрии почв. Видимо, надо сначала заинтриговать проблемой. Как посчитать количество (или массу, объемы) частиц разного диаметра. Причем в обычных почвах частиц очень маленьких, меньше 1/100 мм (или 10 мкм) очень много, часто больше 40%, а частиц меньше 1 мкм – нередко больше 20%. Как их подсчитать? Под микроскопом? Нет, ничего не получится, очень уж частички эти близко примыкают друг к другу, не разделишь, не отличишь. Вот тогда придумали разделять частички по скорости их падения в воде.



Сэр Джордж Габриэль Стокс (англ. Sir George Gabriel Stokes; 13 августа 1819 — 1 февраля 1903) — английский математик, механик и физик-теоретик ирландского происхождения. Работал в Кембриджском университете, внёс значительный вклад в гидро- и газодинамику (см. Уравнения Навье — Стокса), оптику и математическую физику. Член Лондонского королевского общества (1851), его секретарь в 1854—1885 гг. и президент в 1885—1890 гг.

Стокс в 1845 г. в работе «О теории внутреннего трения в движущихся жидкостях и о равновесии и движении упругих твёрдых тел» (опубликована в 1849 г.) вывел дифференциальные уравнения, описывающие течения вязких (и, в общем случае, сжимаемых) жидкостей, ныне называемые уравнениями

Навье — Стокса. Выводит он их в пятый раз³¹; раньше они были получены А. Навье (1821 г. — для случая несжимаемой жидкости), О. Коши (1828 г.), С. Пуассоном (1829 г.) и А. Сен-Венаном (1843 г.). (Википедия)

Как видно, из исторической справки Википедии Стокс далеко не первым из великих ученых вывел уравнение падения шара в стоячей воде. Но именно это уравнение и называют (почему-то?!) уравнением Стокса (а не Коши, не Сен-Венана). Удивительная вещь – признание ученого человечеством! Множество полузабытых, но чрезвычайно эмоциональных историй хранит эта область науки. Здесь и споры-ссоры Ньютона с Гуком, и Докучаева с Костычевым, и Качинского с Роде. Целая область для эмоциональной научно-исторической вставки. Но вернемся к гранулометрии.

Итак, закон Стокса, связывающий диаметр **шарообразной** частицы со скоростью её падения в жидкости. Так появился способ разделить частички разного радиуса по скорости их падения в воде. Разделить и измерить количество, отобрав пробу суспензии на определенной глубине через определенное, предсказанное уравнением Стокса, время. Но дело это кропотливое, долгое, и ошибки возникают немаленькие. Особенно с почвами, так как в почве есть частицы не только минеральные, а еще и органические, которые по-другому падают, так как имеют другую плотность, и опять же далеко не все частицы имеют шарообразную форму. Что же делать? Неужели с начала прошлого века не появилось новых современных способов «увидеть» и посчитать частицы в почве? На помощь пришел лазер.

Как с помощью лазера посчитать частицы в почве?

Собственно схема подсчета и измерения частиц при помощи лазера очень проста. Чтобы измерить диаметр частицы, ее помещают на пути лазерного луча. Вследствие частичного отклонения лазерного излучения позади пробы возникает характерное, кольцеобразное распределение интенсивности (дифракционная картина), которое измеряется специальным детектором. Чтобы проще понять суть дифракции, необходимо представить себе луч света как широкий фронт волны, который попадает на частицу и частично ее огибает, наподобие волны на водной поверхности, которая наталкивается на опору или более крупное препятствие. В результате взаимного наложения различных элементов разорванного фронта волны позади частицы образуется характерный рисунок искривления в виде системы многочисленных, более или менее концентрических колец, расстояние между которыми сопоставимо с размером частиц. Большие частицы создают тесно расположенные кольца, маленькие частицы – кольца, расположенные шире. Если теперь определить расстояние между отдельными кольцами, то по нему можно рассчитать точный размер частицы, то есть вычленив количество маленьких и больших частиц, иначе, – определить гранулометрический состав почвы. Следует обратить внимание на то, что измеряемое скопление частиц должно находиться в достаточно разбавленном виде и не должно образовывать комки – или лучше сказать, агломераты [2].

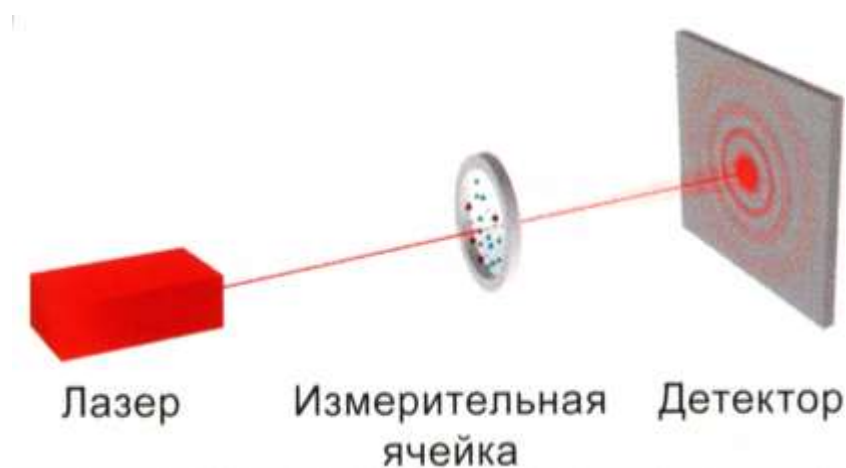


Рис. 1. Схема измерения частиц в лазерном дифрактометре Analysette 22 [2]

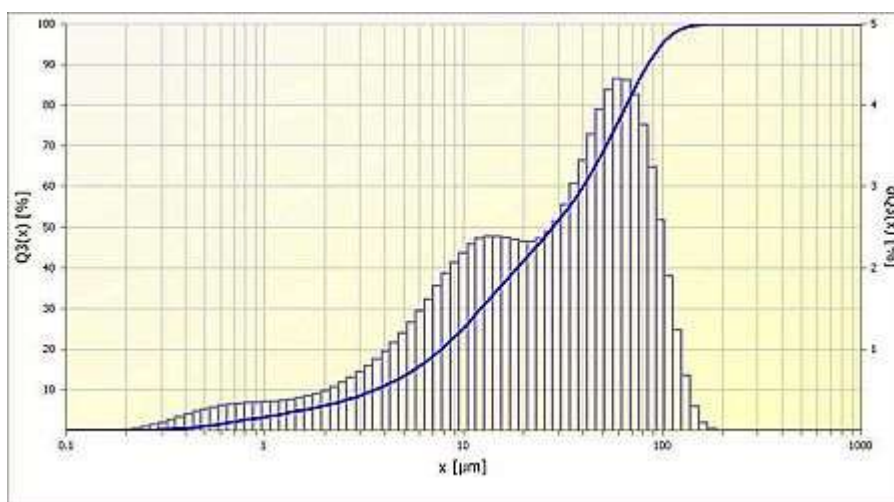


Рис. 2. Распределение размеров частиц летучей золы, измеренное прибором ANALYSETTE 22 MicroTec plus. Проведенная линия представляет собой так называемую суммарную (интегральную) кривую $Q_3(x)$, полосы отражают дифференциальные значения $dQ_3(x)$ [2].

Здесь тоже возникают трудности, – ведь поверхности почвенных частиц часто очень различны, покрыты всевозможными пленками, например, железистыми или органическими. Все-таки было бы хорошо как-то почвенные частицы просеять на ситах, чтобы на сите оставались частицы крупнее ячейки сита. Что мельче, то просыпалось вниз. А ниже подставить еще более мелкое сито. Так и рассеяли бы почву. Но нет, не получается, нет таких сит с диаметром 1 мкм, чтобы на них рассеять почву. Опять-таки, частицы слипаются друг с другом, через такие маленькие отверстия не проходят. А что если придумать устройство, чтобы частички почвы двигались в каком-то растворе (например, соляном), проходили бы через какую-то преграду с капиллярами диаметрами больше, чем сами частицы, В этом случае, каждая частица, проходя через капилляр выталкивала бы объем соляного раствора, равный своему же объему. А мы бы прохождение частички измеряли по скачку электропроводности раствора. Чем крупнее частичка и чем их больше проходит через наши капилляры, тем больше будут скачки электропроводности. И такой прибор был создан, прекрасно работает. Главное, – фантазия, изобретательность и знание физических законов. И тогда можно изучать самые сложные природные объекты, даже такие сложные, как почвы.

Может и у вас, прочитав эту статью, появятся идеи, как посчитать маленькие почвенные частицы, как измерить их диаметр и количество? Давайте, подумаем, попробуем привлечь наши знания физических законов, законов химии, математики. Ведь с 1848 года, со времени написания Стоксом его великого уравнения, дело в этом направлении двигалось медленно. И быть может, вашим именем, как именем Стокса, назовут кратер на Луне, на Марсе, а может какую-нибудь почву

Возьмем еще один интересный вопрос: а почва гидрофильна или гидрофобна?

Это вопрос не праздный, а очень даже важный. А ведь гидрофильность, – это когда тело смачивается водой, а в случае твердого тела образуется острый краевой угол между тремя фазами: водой, воздухом и твердой фазой почвы (рис. 3б). Тогда вода легко проникает в почву, не застревает в почвенных порах, не формирует тупоугольные формирования (рис. 3а).

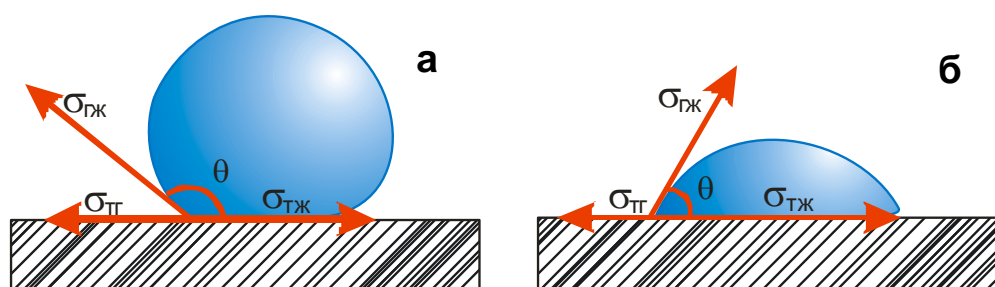


Рис. 3. Положение капли воды на гидрофобной (а) и гидрофильной (б) поверхностях

Только вот как научиться мерить этот краевой угол?

Ведь если он острый – вода смачивает почву (она гидрофильна), а если не смачивает – угол тупой (почва гидрофобна). Как и отчего зависит её (почвенная) гидрофильно/гидрофобность? Пока секрет. Но только пока. Мы уже научились мерить этот краевой угол. Конечно, его (угол) нельзя мерить простым транспортиром, да и почвенные твердые частички слишком малы, чтобы наблюдать их даже в мощные микроскопы. Но тем не менее удастся с помощью современной видео-техники. Капля наносится на поверхность растертой и гомогенной почвы, видео-аппаратура снимает процесс проникновения капли в почву. И нам удастся по растеканию капли на поверхности почвы рассчитать краевой угол и ответить на вопрос – гидрофобна почва или гидрофильна? И более того, попытаться ответить на вопрос, откуда, за счет каких факторов гидрофобность проявилась. Очень интересно, что же заставляет почву не впитывать воду, быть гидрофобной. Как Вы считаете, какие свойства почвы? Отметьте из перечисленных:

Большое количество органического вещества:

Большое количество удобрений (азотных, калийных, фосфатных)?

Большое количество песка?

А сам песок может быть гидрофобным? Интересно, а какого он цвета?

Зачем нужна 3D томография в почвоведении?

Томография позволяет визуализировать поровое пространство (пустоты), выделить твердую фазу почвы, особенности её формы и пространственной организации [3]. В отличие от микроморфологических исследований 3D томография позволяет изучать поровое пространство в ненарушенном виде при любой влажности, наблюдать распределение влаги в твердой фазе почвы при использовании особых пропитывающих веществ. В настоящее время в этой области публикуется большое количество работ. Основное внимание уделяется описанию структуры порового пространства и применению этого метода для различных разделов почвоведения.

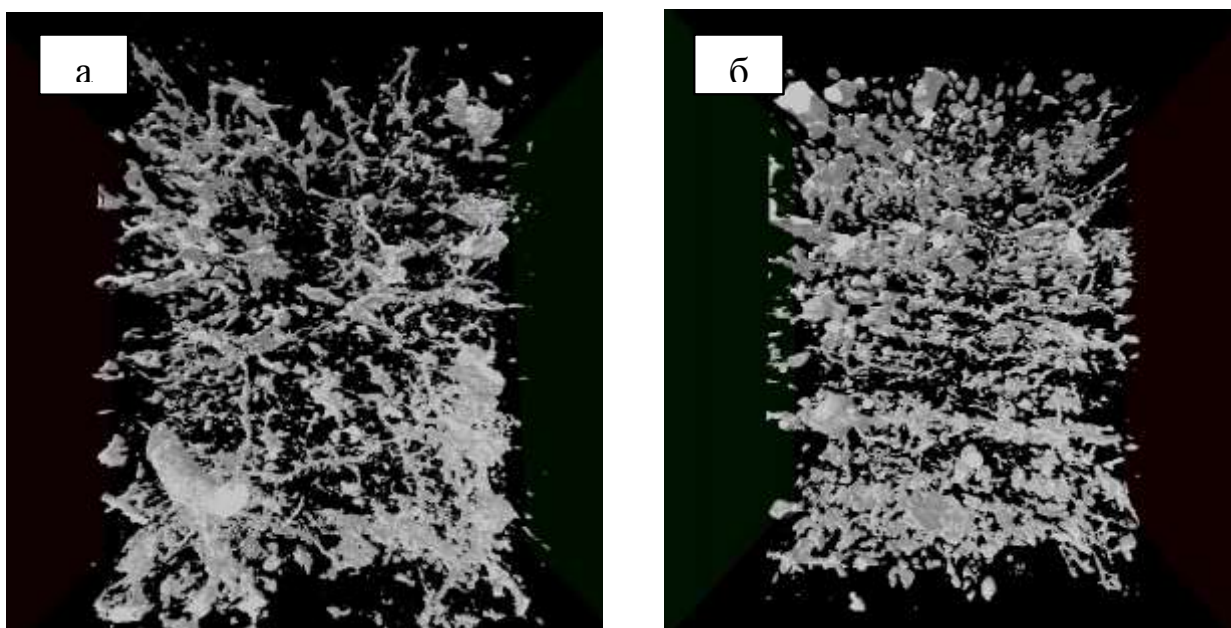


Рис. 4. Томограммы порового пространства (черный цвет – твердая фаза почвы, серый – поровое пространство): а – гор. А2В, б – гор. В дерново-подзолистой почвы ([1], с разрешения авторов)

Что же нового может открыть метод томографии? До настоящего времени почвенные гидрологи рассматривали поровое пространство как систему цилиндрических капилляров. Соответственно для расчета форм влаги и ее передвижения в почве использовали, как основные, уравнения Лапласа и Жюрена. Однако как показывает 3D томография (рис. 4), почвенное поровое пространство совсем непохоже на равномерно организованные «трубочки-цилиндрики», и капилляры далеко не цилиндрические, они сложным образом взаимосвязаны, что, безусловно, должно сказаться на влагоемкости и влагопроводности почвенной системы [3].

По-видимому в ближайшие годы проблема связи строения порового пространства с влаго- и газоёмкостью, влаго- и газопроводностью будет основной в почвенной гидрологии, физике почв и, вероятно, в почвоведении вообще.

В заключение хочется пожелать, чтобы популяризация новых методов и современных направлений в почвоведении развивалась больше!

Ведь множество тем еще не охвачено, которые пока не доступны для широкой аудитории. Можно писать новое о почвенном гумусе, или о специфических почвенных каналах – «о преимущественных потоках», или о математических моделях, пытающихся прогнозировать поведение в почве удобрений, радиоактивных элементов и т.д. Это всем будет интересно и очень современно. Обязательно, о самом современном, новом и даже чуть непонятном (это для эмоций!) нам самим!

Шеин Евгений Викторович, заведующий кафедрой физики и мелиорации почв факультета почвоведения МГУ имени М.В.Ломоносова, – обладатель грантов конкурса научно-популярных статей РФФИ, лауреат Соровских премий за лучшие научно-популярные статьи.

1. Горелик Г. Кто изобрел современную физику? Издательство ВСТ.Москва.2013.
2. <http://www.fritsch.com.ru/>
3. Скворцова Е. Б., Шеин Е.В. Абросимов К.Н., Герке К.М., Корост Д.В. Компьютерная микротомография в почвоведении// Доклад на Докучаевских чтениях, 2014 год. Санкт-Петербург. 2014.