Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

УДК 643.452

Информационно-энергетическая оценка плодородия почв

Савич В.И., Бородина К.С., Минаев Н.В.

РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация

В работе доказывается, что формирование свойств почв (ΣУ) определяется сочетанием свойств пород (ΣП) и весом влияния на породу (K_i) факторов почвообразования (X_i), а также продолжительностью их влияния (t): $ΣУ = ΣП \cdot ΣK_iX_it$.

Предлагается учитывать в качестве факторов почвообразования геофизические поля Земли и микробиологическую активность почв. Свойства, процессы и режимы почв изменяются во времени и в пространстве, проявляется гистерезис их изменения, разомкнутость петли которого обратно пропорциональна степени равновесия сочетания свойств почв с влиянием окружающей среды.

Ключевые слова: ПОЧВА, ГЕНЕЗИС, ПЛОДОРОДИЕ

Цели и задачи исследования

Целью исследования являлась оценка генезиса почв с учетом новых выделяемых факторов почвообразования.

В задачи исследования входила оценка влияния на эволюцию почв геофизических полей, микробиологической активности, информационно-энергетических полей, гистерезиса, взаимосвязей свойств почв.

Объекты исследования

Объектом исследования выбраны основные типы почв России: дерново-подзолистые, серые лесные, черноземы, каштановые [1-4].

Методика исследования состояла в оценке физико-химических свойств почв, их микробиологической активности, энергоемкости, взаимосвязей свойств почв [3-7].

Экспериментальная часть

1. Генезис и эволюция почв определяется трансформацией, миграцией и аккумуляцией вещества, энергии и информации [8-15], полученными от воздействия на породы факторов почвообразования: $ЭУ = ЭП \cdot ЭK_iX_i^n\, t \cdot V$, где ЭУ – сочетание свойств, процессов и режимов почв, ЭП – сочетание свойств породы; K_i – степень влияния отдельных факторов почвообразования на породу; X_i – величина воздействия на породу отдельных факторов при экспоненциальной зависимости; t – продолжительность влияния; V – скорость изменения свойств породы.

Нами предлагается в качестве факторов почвообразования дополнительно учитывать микробиологическую активность почв, геофизические поля Земли, взаимосвязи между свойствами породы и между свойствами почв, синергизм и антагонизм влияния отдельных факторов почвообразования на породу [3, 6, 7, 16-18].

Важное значение в генезисе и эволюции почв, в формировании плодородия почв имеет последовательность действия на породу различных интенсивностей влияния показателей климата, рельефа, растительных сукцессий. При этом все процессы протекают с определенными скоростями при трансформации, миграции и аккумуляции вещества, энергии и информации. Это определяет необходимость информационно-энергетической оценки генезиса и эволюции пород и почв [5, 16, 19, 20].

2. Микробиологическая активность почв, как фактор почвообразования и плодородия.

Микробиологическая активность в значительной степени определяет генезис, эволюцию и плодородие почв. Однако ее изучение, как фактора почвообразования, почти не рассматривается. Это приводит и к малому вниманию к разработке приемов оптимизации микробиологической активности для более эффективного выполнения почвами заданных экологических функций.

В соответствии с правилом Ю. Одума измельчение особей в силу более полного заселения площади увеличивает удельный выход биомассы с единицы площади, что подтверждает большее влияние микроорганизмов на почвообразование по сравнению с растениями. Живая бактериальная масса может достигать 4–9 т/га сухого вещества, что с учетом обновления (до 30 генераций в год) определяет их значительное влияние на почвообразовательные процессы. Содержание углерода микробной биомассы в углероде орга-

нического вещества достигает 5–20% в A_1 и до 70% - в минеральных горизонтах. Ежегодная продукция микробиологической активности достигает 1–90 т/га [21].

Микробиологическая активность почв тесно связана с микробиологической активностью в других компонентах биогеоценоза. Так, по полученным нами данным [7], в листьях, коре, в травянистых растениях, в опаде, в отпаде, в подстилке и в почве содержалось следующее количество актиномицетов: в хвойных лесах (КОЕ/г lg n) – 4,17; 4,74; 4,39; 4,97; 5,74; 6,25; 6,24; в лиственных лесах – 4,3; 4,6; 4,47; 4,87; 5,59; 5,60; 5,20.

Микробиологическая активность существенно влияет на формирование почв, что определяет особенности содержания и состава микрофлоры в разных типах почв [7].

Микробиологическая активность почв определяет трансформацию, миграцию и аккумуляцию вещества, энергии и информации в почве. Масса микроорганизмов в почве и особенно масса перерабатываемого ими опада растений сопоставима с массой самого опада. Это определяет роль микроорганизмов, как фактора почвообразования.

Показано, что состав микроорганизмов и их масса являются индикаторами протекающих процессов почвообразования, окультуривания и деградации почв. Так, в слабоокультуренной и хорошо окультуренной дерново-подзолистой почве в Ап содержание микроорганизмов, развивающихся на КАА – 3306 и 3598 тыс. на 1 г. Содержание микроорганизмов, развивающихся на МПА, летом составляло в солонце 0,91, в светло-каштановой почве – 1,42 млн. на 1 г; развивающихся на КАА соответственно 0,79 и 2,8 млн. на 1 г.

При загрязнении почв свинцом и переуплотнении количество микроорганизмов в почвах резко уменьшается. Так, в дерново-подзолистых почвах количество микроорганизмов, развивающихся на МПА, в Ап составило 61,2±10,9 млн на 1 г, при уплотнении почв – 29,3±8,7 млн на 1 г.

Содержание отдельных групп микроорганизмов существенно изменялось в сезонной динамике. Так, содержание микроорганизмов на МПА на лугово-черноземной почве под рисом при внесении сидератов изменялось от всходов до молочно-восковой спелости риса с 74,8±23,0 млн на 1 г почв до 16,5±2,6; микроорганизмов на КАА – со 109,1±34,4 до 17,5±1,7 млн на 1 г почв.

Изменение микробиологической активности почв при эволюции почв и их окультуривании приводит к возникновению новых взаимосвязей в системе почва-растение, что характеризуется информационной оценкой микробиологической активности почв. При

этом изменяется и энергоемкость почв. Так, в дерново-подзолистых почвах в зависимости от окультуренности в биоте почв содержалось от 2,2 до 4,4 млн кал/га, отличаясь в отдельных группах микроорганизмов от 3,8 до 11,7.

3. Геофизические поля, как фактор почвообразования.

Геофизические поля Земли действуют на породы в течение длительного промежутка времени. Значительное влияние на почвообразование оказывает гравитационное поле, которое изменяется в разных регионах и во времени. Его величина составляет (978–983) $\cdot 10^3$ мГал (9,8g). При этом приливные аномалии составляют 0,34g, а наблюдаемые аномалии в пространстве – 0,3–3,0g. В то же время чувствительность растений к этому полю составляет 0,005g.

Таким образом, растения и миграционные процессы реагируют, как на приливные аномалии гравитационного поля, так и на существенные отличия его в пространстве (в т.ч. и при изменении макро-, мезо- и микрорельефа и глубины залегания плотных пород). Так, например, в плотном известняке гравитация составляет 0,7 мГал, а в зоне разлома – 0,6 мГал. Изменение гравитационного поля тесно связано с изменением магнитного и электрического полей. Часто величина гравитационного поля связана с глубиной залегания плотных пород, что сказывается и на формировании почв.

Так, по полученным нами данным, для регионов Якутии глубина залегания плотных пород с поверхности составляет для подзолистых почв ≈1833,3 м, для таежно-палевых почв ≈3100 м, для тундровых почв – 6666 м.

Изменение гравитационного поля связано и с изменением магнитного и электрического полей при частичной замене их влияния на растения. Так, для района Якутии полный вектор напряженности магнитного поля составляет 0,60 гаусса, для степной зоны – 0,5; для тропиков – 0,3–0,4. Соответственно магнитные склонения равны 20,10 и от 0 до 10, магнитное наклонение 70,60 и от 40 до -40. При этом для каждых типов почв характерен свой электрический и магнитный профиль [17, 22].

4. Информационно-энергетические поля, как фактор плодородия.

Все процессы, протекающие в почвах и в системе почва-растение, протекают с трансформацией, миграцией и аккумуляцией вещества, энергии и информации. Это сопровождается и излучением объектом информационно-энергетических полей, что идентифицируется в медицине, как эффект Дельгадо [7, 21].

В почвоведении принято представление, согласно которому почва запоминает и записывает в почвенном поглощающем комплексе основные процессы своей эволюции и факторы ее определяющие. Накопленная память определяет свойства почв в настоящем и в определенной степени влияет на будущее состояние и функционирование почв. Предложены понятия «почва-память» и «почва-момент» [23]. Носителями памяти почв являются минералогический состав почв, их гумусовое состояние, биота, почвенный поглощающий комплекс, почвенный профиль, структурные отдельности, новообразования, структура почвенного покрова [23]. Почва-момент характеризуется быстро изменяющимися свойствами почв, протекающими процессами и режимами. В то же время агрономическая оценка данных параметров состояния почв не проводится.

С нашей точки зрения, наряду с выделением понятий «почва-память» и «почва-момент» целесообразно также выделение понятий биота-память и момент, вода-память и момент, влияние вносимых в почву удобрений и мелиорантов с точки зрения заключенной в них памяти и первоначального эффекта воздействия. При этом оценка почв, воды и биоты с информационной, энергетической точек зрения и на основании вещественного состава дополняют друг друга.

В соответствии со взглядами Козловского Ф.И. и Горячкина С.В. [24, 25], почвенный покров может рассматриваться как информационная система. Потенциальная информация составляет порядка 10^{20} бит. Авторы предлагают понятие информационной структуры, почвенного покрова. Выделяется более короткоживущая память, приуроченная к поверхностям раздела различных уровней и долгоживущая память, приуроченная к внутренней массе элементов строения почвенного покрова. При этом считается, что максимальное количество информации приурочено к поверхностям разделов, где наибольшая локализация неравновесности процессов [17, 21, 23].

С нашей точки зрения целесообразно выделять скорость поглощения почвой и передачи информации, емкость почв к информации, КПД использования информации в почвообразовательных процессах и в агроэкосистемах. В каждой почве имеются компоненты, селективные к записи определенной информации и, в связи с этим перспективно выделение фракционного состава информационных систем.

Формирование свойств, процессов и режимов почв, связанных с памятью почв, обусловлено закономерным изменением во времени и в пространстве потоков в почву, внутри почвы и из почвы в окружающую среду вещества, энергии и информации.

Информация записывается в минералогическом составе почв, в гумусе, в строении почвенного профиля, на гранях структурных отдельностей, в новообразованиях, комплексных соединениях, в стадии развития почв, в почвенном поглощающем комплексе, в биоте, во фракционном составе вещества, энергии и информации в почве, в структуре почвенного покрова [1, 2].

С агрономической точки зрения наличие свойств, процессов и режимов почв, определяемых их памятью, влияет, в первую очередь, на следующие расчеты и способы повышения урожая с/х культур: на поглощение элементов питания из разных горизонтов почв, на оптимальные свойства почв, на сезонную динамику изменения свойств почв, на тренд изменения почв за длительный промежуток времени, на трансформации вносимых в почву соединений, на необходимость повторных мелиораций, на особенности балансовых расчетов, на устойчивость почв к экстремальным условиям и антропогенным воздействиям.

Память записана и в физико-химических превращениях веществ в почвах, в процессах ионного обмена. В электрохимии рассматривается память сорбента.

Память о предыстории развития почв заключена в химических свойствах разных слоев структурных отдельностей почв. Так, по полученным нами данным, в слабоокультуренной почве в структурной отдельности горизонта В внешний слой имел pH(H_2O) = 5,4, содержание водорастворимых магния и кальция соответственно 3,2 и 2,6 мг/л, а внутренний слой – 4,2 и 3,5 при pH = 5,3, т.е. внешний слой отдельности был обеднен магнием и кальцием. В хорошо окультуренной почве внешний слой был обогащен, по сравнению с внутренним слоем, Ca, Mg, K. Их содержание составляло соответственно Ca – 7,6 и 3,8 мг/л; Mg – 8,6 и 3,9; K – 1,2 и 0,9 мг/л.

5. Гистерезис в почвах, как фактор почвообразования и плодородия.

Сезонные изменения свойств почв, связанные с варьированием влажности и температуры, складываются из обратимых гистерезисных изменений, временно необратимых изменений (остаточного гистерезиса) и полностью необратимых изменений. Из наличия циклов таких изменений состоит и весь почвообразовательный процесс. Анализ процессов почвообразования с учетом гистерезиса и необратимых изменений, безусловно, перспективен, но, к сожалению, данные по этому вопросу немногочисленны [4].

Для анализа процесса почвообразования с учетом гистерезиса и необратимых изменений необходимо построение петель гистерезиса по ряду параметров почвы на основании многолетней сезонной динамики. Если петля гистерезиса получается замкнутой, то

почва находится в полностью стационарном состоянии, как с точки зрения развития процесса почвообразования (этап «климакса»), так и с точки зрения биологического круговорота. Если петля гистерезиса разомкнута, то это свидетельствует о наличии нестационарного состояния (нестационарность обусловлена необратимыми изменениями), о степени которого можно судить по величине разомкнутости петли. Нестационарное состояние определяется по степени различия данной почвы и почвы, находящейся в состоянии «климакса», т.е. в равновесном состоянии, характерном для данных климатических условий и растительности.

Если нестационарность состояния – есть отличие свойств данной почвы от свойств этой же почвы в состоянии климакса, то степень нестационарности состояния – есть скорость почвообразования, скорость эволюции. Она обусловлена интенсивностью выветривания и инерцией почвообразования. Интенсивность выветривания может быть оценена по величине необратимых изменений свойств почв за 1 год, рассчитанной по данным за ряд лет. В качестве свойств почв при этом следует брать такие, которые являются характеристическими для типов и процессов почвообразования. Мы считаем, что в этих целях можно использовать Eh и rH_2.

Со значением гистерезиса и степенью нестационарности состояния почвы связаны ее буферные свойства и их варьирование в динамике. Чем больше несоответствие почвы равновесному состоянию, тем больше значения $\Delta Eh/\Delta t^0$; $\Delta Eh/\Delta W$, где W – влажность, t^0 – температура. В нижеследующей таблице приведена оценка степени нестационарности состояния дерново-подзолистых почв по величине Eh.

Таблица 1. Гистерезис и необратимые изменения Eh дерново-подзолистых почв по данным сезонной динамики Eh, мв

Объект исследования	$n_1 – n_2$, мв на осень 1-го и 2-го годов	(max-min)/min за 2 года	Площадь гистерезиса, см
лес 4–14 см	35	0,21	6,0
50–60 см	40	0,41	2,0
поле 0–10 см	30	0,27	7,5
50–60 см	100	0,25	4,0

Примечание: * n_1, n_2 – величины Eh на осень 1-го и 2-го годов изучения, max, min – разность максимальных и минимальных значений за 2 года.

Учитывая, что величина необратимых изменений и площадь гистерезиса пропорциональны нестационарности состояния почв, следует признать, что для подзоны южной

тайги почвенный покров под смешанным лесом находится в несколько большем равновесии со средой, чем почвенный покров под пашней. В нижних горизонтах, по сравнению с верхними, отмечается меньшая площадь гистерезиса, но большая величина необратимых изменений ОВП. Это свидетельствует о меньшей буферности нижних горизонтов и о большей нестационарности их состояния.

6. Взаимосвязи в почвах, как фактор плодородия.

Взаимосвязи в почвах в значительной степени определяют плодородие почв. Так, с увеличением pH с 4 до 6–7 отношение Сгк/Сфк увеличивается, затем стабилизируется и при pH> 7,5–8,0 – снова падает. Аналогично изменяется содержание гумуса, емкость поглощения почвой катионов, коэффициент структурности уменьшается, а затем стабилизируется и снова уменьшается степень дифференциации почвенного профиля по R_2O_3.

В разных интервалах pH закономерно изменяются и агрохимические свойства почв. При кислой реакции среды в почве преобладают фосфаты H_2PO_4 и фосфаты Fe, Al, при нейтральной реакции – фосфаты HPO_4 и при щелочной среде – фосфаты PO_4^{3-} кальция и магния [10].

При этом для ряда элементов характерны их минимальные, оптимальные и критически высокие показатели. Так, при недостатке обменного калия растения испытывают в нем недостаток, но при содержании более 7–10% от емкости поглощения – резко уменьшается фильтрующая способность почв, увеличивается дисперсность почв, их плотность до 1,7 г/см^3. При недостатке подвижных фосфатов растения испытывают их дефицит, но при высоком содержании подвижных фосфатов (например, в дерново-подзолистых почвах более 50–70 мг/100 г) отмечается недостаток цинка, меди, марганца, в связи с образованием труднорастворимых фосфатов этих элементов. Поступая в растения, фосфаты связывают эти элементы в виде труднорастворимых фосфатов и в стеблях, и в листьях [2, 10].

Подвижность элементов в почвах в зависимости от сочетания свойств почв описывается уравнениями регрессии, но в разных интервалах независимых переменных эти зависимости отличаются. Как правило, проявляются эффекты синергизма и антагонизма, как при поглощении элементов почвой, так и корневыми системами растений. Так, К и Са являются антагонистами при поступлении в корни, а К и NO_3 поглощаются с проявлением эффекта синергизма.

Заключение

В работе доказывается, что формирование почв ΣУ определяется сочетанием свойств породы (ΣП), весом влияния на породу (K_i) факторов плодородия X_i и продолжительностью их влияния: $ΣУ = ΣП·ΣK_iX_i·t$.

Предлагается дополнительно учитывать в качестве факторов почвообразования геофизические поля Земли и микробиологическую активность почв, продолжительность влияния факторов почвообразования на породу (t).

По полученным данным генезис и эволюция почв определяются также информационно-энергетическими полями окружающей среды (биогеоценозов). При этом свойства, процессы и режимы почв изменяются во времени и в пространстве, проявляется гистерезис их изменения, разомкнутость петли которого обратно пропорциональна степени равновесия свойств почв с окружающей средой.

Доказывается, что в значительной степени плодородие почв определяется генезисом и эволюцией почв, взаимосвязями между свойствами почв и, в целом, информационно-энергетической оценкой генезиса и плодородия почв.

Список использованных источников:

1. Белопухов С.Л., Савич В.И., Байбеков Р.Ф. Комплексообразование ионов металлов в почвенных растворах // Агрофизика. – 2020. – №1. – С. 1–8.

2. Белопухов С.Л., Трухачев В.Н., Байбеков Р.Ф., Савич В.И. Оценка химических и физико-химических свойств почв, недостатка элементов питания для растений и качества продукции // Бутлеровские сообщения. – 2021. – т. 65. – №1. – С. 87–97.

3. Савич В.И., Мосина Л.В., Норовсурэн Ж., Сидоренко О.Д. Микробиологическая активность, как фактор почвообразования // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2019. – №1. – С. 38–48.

4. Савич В.И., Васенев И.И., Сорокин А.Е., Дмитревская И.И., Рашкович В.Н. Кинетика изменения свойств почв, процессов и режимов, протекающих в почвах. – М: ООО "Плодородие", 2021. – 220 с.

5. Карпухин А.И., Сычев В.Г. Комплексные соединения органических веществ почв с ионами металлов. – М.: ВНИИА, 2005. – 188 с.

6. Савич В.И., Сычев В.Г., Балабко П.Н., Гукалов В.В. Энергетическая оценка систем земледелия // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2015. – №5. – С. 12–16.

7. Савич В.И., Норовсурэн Ж., Никиточкин Д.Н., Гукалов В.В. Агроэкологическая оценка почвообразовательных процессов // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2016. – №1. – С. 25–28.

8. Агробиотехнологии XXI века: коллективная монография / Коллектив авторов / Под ред. д.с-х.н., профессора С. Л. Белопухова / ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева». – М.: ООО «Мегаполис», 2022. – 516 с.

9. Алиев С.А. Экология и энергетика биохимических процессов превращения органического вещества почв. – Баку.: ЭДМ, 1978. – 253 с.

10. Аристархов А.П. Оптимизация питания растений с применением удобрений в агроэкосистемах. – М.: ЦИНАО, 2000. – 520 с.

11. Булаткин Г.А. Оптимизация продуктивности агроценозов // Вестник сельскохозяйственной науки. –1990. – №1. – С. 30–37.

12. Волобуев В.Р. Введение в энергетику почвообразования. – М., Наука, 1974. – 188 с.

13. Володин В.М. Экологические основы оценки и использования плодородия почвы. –М.: ЦИНАО, 2000. – 336 с.

14. Воронин А.Д. Основы физики почв. – М.: МГУ, 1986. – 244 с.

15. Герайзаде А.П. Термо- и влагоперенос в почвенных системах. – Баку: Элм, 1982. – 157 с.

16. Минаев Н.В., Поветкина Н.Л., Мусенова Д.В. Агроэкологическая оценка серых лесных почв Владимирского Ополья методами дистанционного зондирования // Плодородие. – 2017. – № 1(94). – С. 48–50.

17. Розанов Б.Г. Морфология почв. – М.: Акад. Проект, 2004. – 431 с.

18. Савич В.И., Никиточкин Д.Н., Скрябина Д.С. Градиент органических полей и свойств почв, как фактор плодородия // Агрохимический вестник. – 2013. – №5.– С. 16–18.

19. Гришина Л.А. Гумусообразование и гумусовое состояние почв. – М.; МГУ, 1986. – 243 с.

20. Орлов Д.С. Химия почв. – М.: МГУ, 1992. – 399 с.

21. Почвы в биосфере и жизни человека / науч. ред.: Г. В. Добровольский, Г. С. Куст, В. Г. Санаев. – М.: МГУ, 2012. –584 с.

22. Савич В.И. Использование электромагнитных полей с заданной информацией для оптимизации системы почва-растение // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2017. – №3. – С. 49–59.

23. Память почв: Почва как память биосферно-геосферно-антропосферных взаимодействий / отв. ред. В. О. Тарагульян, С. В. Горячкин. – М.: ЛКИ, 2008. – 687 с.

24. Добровольский Г.В. Основы биогеохимии. – М.: Высшая школа, 1992. – 411 с.

25. Добровольский Г.В., Карпачевский Л.О., Криксунов Е.А. Геосферы и педосфера. – М.: ГЕОС, 2010. – 188 с.

==========

Цитирование:

Савич В.И., Бородина К.С., Минаев Н.В. Информационно-энергетическая оценка плодородия почв [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2023. – № 3. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/3/st_307.pdf. DOI: https://doi.org/10.51419/202133307.