

УДК.631.452

## Информационно-энергетическая оценка создания почв с заданными свойствами

Ефимов О.Е.<sup>1</sup>, Савич В.И.<sup>1</sup>, Наумов В.Д.<sup>1</sup>, Седых В.А.<sup>2</sup>, Каменных Н.Л.<sup>1</sup>, Колесник А.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева

<sup>2</sup>Научно-исследовательский институт ФСИИ РФ

### Аннотация

*В работе рассматривается информационно-энергетическая оценка плодородия почв. Показано, что окультуривание почв сопровождается увеличением гумусированности почв, емкости поглощения, содержания биофильных элементов, накоплением в почве энергии, оптимизацией информационных взаимосвязей в почве. Так содержание энергии в слабо и хорошо окультуренных дерново-подзолистых почвах составляло соответственно 351,7 и 510,7 млн ккал/га. При окультуривании почв в них увеличилось содержание подвижных форм биофильных элементов, более устойчивыми стали взаимосвязи между свойствами почв и урожаем сельскохозяйственных культур.*

*Показано, что на более окультуренных почвах более выгодно выращивать более требовательные к плодородию культуры, накапливающие на этих почвах большее количество энергии, чем менее требовательные к плодородию культуры. Показано изменение оптимальных свойств почв для отдельных культур в зависимости от уровня интенсификации производства.*

**Ключевые слова:** ПОЧВА, ПЛОДОРОДИЕ, НАКОПЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ В ПОЧВЕ И В УРОЖАЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

### Цели и задачи исследования

Целью исследования являлось изучение связи биопродуктивности угодий и информационно-энергетической оценки почв.

### **Объекты исследования**

Объектом исследования выбраны дерново-подзолистые среднесуглинистые почвы на покровных суглинках разной степени окультуренности Московской области [1-4].

### **Методика исследования**

Методика исследования состояла в изучении зависимости урожайности культур от свойств почв и взаимосвязей между ними [4-7], сорбционных свойств корневых систем выращиваемых растений [8-10].

### **Экспериментальная часть**

#### *1. Оптимальные свойства почв зависят от гидротермических условий территории.*

В проведенных нами исследованиях показано, что информационно-энергетическая оценка плодородия почв определяется взаимосвязанными процессами трансформации, миграции и аккумуляции вещества, энергии и информации с учетом кинетических реакций, их последовательности и интенсивности.

При этом изменение гидротермических условий территории, протекание почвообразовательных процессов регулирует скорость, интенсивность, последовательность протекающих реакций [11].

В почве, являющейся биокосным телом, значительное влияние на процессы оказывает и трансформация энергии, накопленной растениями и поступающей в почву с растительным опадом.

Параметры плодородия почв для территорий северной и южной тайги, степной и сухостепной зон существенно отличаются. Это определяет экологически и экономически обоснованные лимиты параметров свойств, учитываемых при окультуривании почв. Например, при увеличении доз органических удобрений для зоны северной тайги в почвах образуется соотношение  $C_{гк}/C_{фк} < 0,7$ . Это приводит к увеличению развития подзолообразования на окультуренных почвах при опускании уровня горизонта  $A_2$ . При наблюдаемом при этом увеличении количества микрофлоры усиливается и процесс оглеения, так же опускаясь в более глубокие горизонты почв. Это отмечается в меньшей степени и в почвах дачных участков южной тайги. То есть, экономически обоснованные оптимальные свойства почв определяются как гидротермическими условиями территории,

так и сочетанием свойств почв.

Оптимальные свойства почв сельскохозяйственного использования зависят от сочетания свойств почв, процессов и режимов, протекающих в почвах.

Оптимальные свойства почв в значительной степени определяются их плотностью. Плотность почв влияет на затраты энергии при проникновении корней через почвы, прочность связи с твердой фазой почв воды, содержание в почвах  $\text{CO}_2$ , что влияет на рН, Eh и все физико-химические процессы, протекающие в почве [1]. В то же время плотность почв определяет размер капилляров в почве и процессы вертикальной и боковой миграции веществ.

Оптимальные свойства почв сельскохозяйственного использования зависят от рельефа поверхности и уровня грунтовых вод.

Оптимальные свойства почв отличаются в зависимости от уровня интенсификации производства, от взаимосвязей всех составляющих систем земледелия [10].

Оптимальные свойства почв, используемых в сельскохозяйственном производстве отличаются для отдельных культур и сортов выращиваемых растений.

Создание оптимальных свойств почв предполагает и оптимальные показатели как скорости поглощения почвой биофильных элементов, так и скорости перехода биофильных элементов из твердой фазы почв в раствор и корневую систему растений. Скорость перехода ионов из твердой фазы почв в раствор как правило ниже для почв более тяжелого гранулометрического состава, с большей долей в минералогическом составе минералов типа монтмориллонита с проявлением интромацелярного типа поглощения.

Так, по полученным нами данным, в дерново-подзолистых почвах и черноземах процент быстровытесняемого гумуса при рН=7,0 составлял соответственно 56,5 и 42,2%, кинетика вытеснения из почв подвижных форм  $\text{P}_2\text{O}_5$  составляла соответственно  $1,1 \cdot 10^{-3} \text{сек}^{-1}$  и  $4,5 \cdot 10^{-5} \text{сек}^{-1}$ , кинетика вытеснения из почв обменного калия  $1,1 \cdot 10^{-3} \text{сек}^{-1}$  и  $1,6 \cdot 10^{-5} \text{сек}^{-1}$ .

Окультуривание дерново-подзолистых почв сопровождается увеличением содержания в почвах водорастворимых соединений Ca, Mg, K (мг/л). Это иллюстрируют данные таблицы 1.

Как видно из представленных данных при окультуренности почв в них значительно увеличивается содержание водорастворимых Ca, Mg, K. Однако, для горизонта В это не отмечается.

Таблица 1. Содержание водорастворимых соединений Са, Mg, К (мг/л) в дерново-подзолистых почвах разной степени окультуренности

Почва, горизонт	Са	Mg	К
Пд ОК1 Апах	8,6	4,0	0,9
Пд ОК1 А2В	4,2	1,3	0,8
Пд ОК1 В	9,2	1,1	0,6
Пд ОК3 Апах	22,1	7,4	2,4
Пд ОК3 А2В	11,4	6,2	1,2
Пд ОК3 В	4,3	3,3	0,8

Окультурирование почв в значительной степени изменяет свойства пахотного слоя. Однако подпахотные слои при этом изменяются значительно меньше.

Физико-химические и агрохимические свойства почв существенно изменяются по горизонтам почвенного профиля. Это иллюстрируется данными таблицы 2.

Таблица 2. Агрохимические физико-химические свойства отдельных горизонтов дерново-подзолистых почв разной степени окультуренности

Горизонт	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> подвиж мг/100г	K <sub>2</sub> O мг/100г	Нг мг-экв/100г	pH <sub>H2O</sub>	S мг-экв/100г
слабоокультуренная почва					
А пах	3,5	10,3	3,8	6,7	8,0
А2В	2,2	5,6	4,1	6,7	9,0
В	2,8	6,2	6,7	6,4	11,4
ВС	3,1	8,6	6,2	6,5	14,0
хорошо окультуренная почва					
А пах	33,2	19,3	0,9	7,4	17,6
А2В	2,9	17,6	4,0	6,7	8,6
В	1,7	8,7	7,3	6,4	14,3
ВС	3,2	12,3	4,7	6,6	18,0

Как видно из представленных данных при окультуривании почв существенно улучшаются физико-химические и агрохимические свойства пахотного слоя почв, однако подпахотные слои при этом изменяются в гораздо меньшей степени (особенно по содержанию подвижных фосфатов).

Свойства почв существенно отличаются и в разных слоях структурных отдельностей. Это иллюстрируется таблицей 3.

Таблица 3. Содержание водорастворимых соединений катионов в отдельных слоях структурных отдельностей горизонта В дерново-подзолистой почвы, мг/л

почва	слой	Mg	Ca	K
ОК1	внешний	3,2	2,6	1,1
	внутренний	4,2	3,5	0,7
ОК3	внешний	8,6	7,6	1,2
	внутренний	3,9	3,8	0,9

Как видно из представленных данных внешние слои структурных отдельностей горизонта В более окультуренной почвы богаче водорастворимыми соединениями Ca, Mg, K. В слабо окультуренной почве внешние слои беднее Ca, Mg, чем более глубокие слои.

Свойства почв существенно отличаются не только в отдельных горизонтах почв, но и в агрегатах разных размеров. Это иллюстрируется данными таблицы 4.

Таблица 4. Физико-химические свойства структурных отдельностей дерново-подзолистых почв разного размера

Показатели	Размер агрегатов в мм			
	5-3	2-1	0,5-0,25	<0,25
N-NO <sub>3</sub> , мг/100г	5,6	6,1	5,1	3,5
N-NH <sub>4</sub> , мг/100г	2,0	3,3	3,4	4,7
Fe <sup>2+</sup> , мг/100 г	0,5	2,0	3,5	3,8
ОВП, мв	630	614	610	495

Как видно из представленных данных с уменьшением размера агрегатов в них уменьшается ОВП, N-NO<sub>3</sub>, увеличивается содержание N-NH<sub>4</sub>, Fe<sup>2+</sup>.

Как правило оптимизируют пахотный слой, а изменение нижележащих подпахотных слоев обусловлено протекающими при этом миграционными процессами.

Пахотный слой почв существенно отличается по всем своим свойствам от свойств нижележащих горизонтов почв. Очевидно, что оптимальные свойства почв для разных горизонтов будут отличаться.

Окультуривание почв приводит к накоплению энергии в почве, поступающей как с пожнивными остатками, так и с удобрениями.

Так, по полученным нами данным, изменение энергоемкости дерново-подзолистых почв при их окультуривании иллюстрируется материалами таблицы 5.

Таблица 5. Энергоемкость дерново-подзолистых почв разной степени окультуренности, млн ккал/га

Окультуренность почв	$\Sigma$	в гумусе	в растительных остатках	в биоте
ОК1	351,7	334,8	13,1	3,8
ОК3	510,7	482,9	18,4	9,4

Как видно из представленных данных окультуривание дерново-подзолистых почв сопровождается накоплением в них энергии, в том числе в гумусе, в растительных остатках и в биоте. Окультуривание почв сопровождается и изменением взаимосвязей между свойствами почв.

Информационная оценка плодородия почв идентифицируется уравнениями регрессии зависимости урожая культур от сочетания свойств почв.

По полученным нами данным для слабоокультуренной дерново-подзолистой почвы под паром  $Y = -0,354X_1 - 0,0604X_2 + 4,1$ ;

для трав 2 г.п.  $Y = -0,0374X_1 - 0,0165X_2 + 4,6$ ;

для овса  $Y = -0,00247X_1 - 0,149X_2 + 4,7$ ,

где  $X_1$  - сумма поглощенных оснований,  $X_2$  — содержание гумуса,  $Y$  — величина рН.

Для хорошо окультуренной дерново-подзолистой почвы с внесением удобрений под пшеницу  $Y = -0,0002X_1 + 0,2298X_2 + 5,5$ ;  $r = 0,38$

Для трав 2 г.п.  $Y = 0,0129X_1 + 0,2675X_2 + 5,1$ ;  $r = 0,43$ .

Как видно из представленных данных уравнения регрессии зависят от степени окультуренности почв и выращиваемых культур.

Следует отметить, что коэффициенты в уравнениях регрессии зависят как от интервалов переменных  $X_1 - X_n$ , так и от сочетания величины  $X_1 - X_n$

Для каждой системы существует свой оптимум как взаимосвязей в ней, так и уменьшения и увеличения продолжительности ответных реакций.

Изменение одних свойств почв приводит к изменениям других и к изменению взаимосвязей между свойствами почв и горизонтами.

В проведенных нами исследованиях показана необходимость информационной оценки взаимосвязей в системе почва-растение. При этом направление и теснота взаимосвязей свойств почв отличались в разных интервалах независимых переменных. Так

по полученным нами данным при содержании подвижных фосфатов в дерново-подзолистых почвах  $>500$  мг/кг и  $<500$  мг/кг коэффициент корреляции насыщенности основаниями и pH составляли соответственно 0,41 и 0,83 при  $R^2=0,98$  и 0,68.

Антропогенное воздействие на почву, в т.ч. влияние на почву информационно-энергетических полей окружающей среды и техногенного загрязнения изменяет как взаимосвязи между свойствами почв, так и величины ПДК, ПДУ, оптимумы свойств почв и их взаимосвязи.

Как правило содержание подвижных форм биофильных элементов и токсикантов в почвах в значительной степени зависит от pH среды. Так, по полученным нами данным, для дерново-подзолистых среднесуглинистых почв содержание водорастворимых Mn, Zn, Cu в значительной степени зависит от pH среды (в интервале  $\text{pH}=5,5-8,0$ ).  $\text{Cu}=5,48-0,59$  pH;  $R^2=0,86$ ;  $F=17,6$ ;  $\text{Mn}=427,9-47,9$  pH;  $R^2=0,70$ ;  $F=9,7$ ;  $\text{Zn}=22,8-3,2$  pH,  $R^2=0,82$ ;  $F=12,5$ . Однако, при щелочной реакции среды возможно новое повышение содержания водорастворимых соединений поливалентных металлов в растворе в связи, например, с образованием комплексов типа  $\text{Al}(\text{OH})_4^-$  и т.п. По полученным нами данным содержание поливалентных катионов в почвенном растворе в значительной степени определяется и содержанием их комплексных соединений с органическими лигандами с проявлением в зависимости от pH эффектов протонирования и гидратообразования.

### **Заключение**

Создание почв с заданными свойствами предполагает оптимизацию для поставленных целей использования почв содержания биофильных элементов, взаимосвязей между свойствами почв и энергетики системы почва-растение. При этом оптимальные свойства почв отличаются для разных гидротермических условий территории, от сочетания свойств почв, расположения их по рельефу, в зависимости от планируемого уровня интенсификации сельскохозяйственного производства. В проведенных исследованиях показано, что оптимизация свойств пахотного слоя почв не изменяет существенно свойства нижележащих горизонтов и внутренних слоев структурных отдельностей. Доказывается, что при создании почв с заданными свойствами необходимо оптимизировать и энергоемкость почв, энергетические характеристики почв и взаимосвязи свойств почв (информационную оценку свойств почв).

---

---

**Список использованных источников**

1. Ефимов О.Е., Савич В.И., Гукалов В.В., Бородина К.С. Агроэкологическая оценка уплотнения почв. // Плодородие. – 2021. – № 1. – С. 54-59.
2. Савич В.И., Булгаков Д.С., Раскатов В.А. Интегральная оценка плодородия почв. – М.: РГАУ-МСХА, 2010. – 347 с.
3. Савич В.И. Физико-химические основы плодородия почв. – М.: РГАУ-МСХА, 2013. – 431 с.
4. Савич В.И., Торшин С.П., Сорокин А.Е., Гукалов В.В., Рашкович В.Н. Агроэкологическая оценка скорости физико-химических процессов, протекающих в почвах. // Агрехимический вестник. – 2021. – № 2. – С. 58-62.
5. Белопухов С.Л., Савич В.И., Байбеков Р.Ф. Комплексообразование ионов металлов в почвенных растворах. // Агрфизика. – 2020. – № 1. – С. 1-8.
6. Гукалов В.Н., Савич В.И., Трифонова Н.А. Поэтапное изменение свойств почв при загрязнении их тяжелыми металлами. // Плодородие. – 2015. – № 1. – С. 42-44.
7. Гукалов В.В., Баршадская С.И., Сорокин А.Е., Савич В.И. Изменение эффективности применения минеральных удобрений на черноземах и дерново-подзолистых почвах при неоправданном увеличении из доз. // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2020. – № 1. – С. 83-86.
8. Савич В.И., Белопухов С.Л., Гукалов В.В., Ефимов О.Е. Сорбционные свойства корневых систем как критерий корректировки моделей плодородия почв. [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2021. – № 3. – Режим доступа: [http://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/3/st\\_315.pdf](http://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/3/st_315.pdf)
9. Сорокин А.Е., Седых В.А., Савич В.И., Филиппова А.В., Гукалов В.В. Информационная оценка взаимосвязей в системе почва-растение. // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2021. – № 1. – С. 17-22.
10. Таланов И.П., Ахметзянов М.Р. Продуктивность полевых культур в системе обработки почвы при биологизации севооборотов. // Плодородие. – 2020. – № 3. – С. 47-51.
11. Аканова Н.И., Визирская М.М. Эффективность различных форм азотных удобрений в условиях избыточной кислотности почв. // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2021. – № 1. – С. 81-84.

---

---

**Цитирование:**

Ефимов О.Е., Савич В.И., Наумов В.Д., Седых В.А., Каменных Н.Л., Колесник А.Н. Информационно-энергетическая оценка создания почв с заданными свойствами [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2022. – № 5. – Режим доступа: [http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/5/st\\_506.pdf](http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/5/st_506.pdf). DOI: <https://doi.org/10.51419/202125506>.