

Михеева И.В.

Информационная оценка трансформации variability свойств пахотных черноземов

Электронный научно-производственный журнал

«АгроЭкоИнфо»

---

---

УДК 631.4 : 332.05 : 519.25

## Информационная оценка трансформации variability свойств пахотных черноземов

*Михеева И.В.*

*Институт почвоведения и агрохимии СО РАН*

### Аннотация

*Информационное исследование проведено на основе баз данных о свойствах почв на значительной территории юга Западной Сибири. Банк данных создан по архивным материалам крупномасштабных (1:25000) почвенных исследований, проведенных стандартными методами. Результаты показывают, что под влиянием процессов, вызванных антропогенным воздействием и климатическими изменениями, в почвенном профиле происходят изменения вероятностно-статистических распределений свойств и их информационных характеристик. Информационные изменения различных свойств почвы не одинаковы, они зависят от физической природы свойств и почвообразовательных процессов, вызванных антропогенными воздействиями и изменениями климата. Информационные характеристики позволили дать сравнительную количественную оценку выраженности процессов трансформации различных свойств в отдельных слоях почв, а также в пределах их литологических разновидностей.*

**Ключевые слова:** ЧЕРНОЗЕМ ЮЖНЫЙ, СВОЙСТВА, БАЗЫ ДАННЫХ, ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ, ТРАНСФОРМАЦИЯ, ИНФОРМАЦИОННАЯ ЭНТРОПИЯ, ИНФОРМАЦИОННАЯ ДИВЕРГЕНЦИЯ

---

### Введение

Деградация земель под антропогенным влиянием является широко распространенным явлением, что приводит к нарушению функций почв в биосфере как на локальном, так и на региональном и глобальном уровнях. Поэтому перед научным сообществом стоят важные проблемы - изучение, обобщение, понимание этого

негативного процесса. Глобальные изменения климата приводят к неоднозначным региональным процессам. Реализация комплексных количественных оценок требует более дифференцированного информационного подхода, во избежание грубых ошибок из-за завышения или недооценки вклада различных природных объектов в глобальные изменения. Важно количественно оценить риски деградации почв по достоверной информации о динамике их параметров. Это относится также к степным агроэкосистемам центральной Евразии, в том числе расположенным на юге Западной Сибири, которые были объектом исследования.

### Объекты и методы

В геоморфологическом отношении исследуемая территория является правобережной частью Прииртышской равнины, основная площадь которой использовалась и продолжает интенсивно использоваться под пахотное земледелие для выращивания пшеницы, кукурузы, многолетних трав. Почвы - преимущественно черноземные южные (Haplic Chernozem Pachic) легко- и среднесуглинистого гранулометрического состава. Исходными данными послужили архивные материалы крупномасштабных (1:25000) почвенных исследований, проведенных на территории стандартными методами. Они использованы для создания банка данных.

Предложенная нами количественная модель состояния почвы представляет собой набор вероятностно-статистических распределений (ВСП) свойств почвы в пределах исследуемого объекта. Методика идентификации ВСП почвенных свойств на основе статистических выборок эмпирических данных изложена в [1]. Трансформации свойств почв количественно оцениваются по динамике информационных показателей их ВСП. При этом характеристика варьирования свойства дается с помощью информационной энтропии, рассчитываемой по его ВСП  $f(x)$ :

$$s = - \int f(x) \ln f(x) dx \quad (1)$$

Изменения ВСП оцениваются с помощью информационных показателей - относительного изменения информационной энтропии:

$$\Delta s = \frac{s_1 - s_2}{s_1} \times 100, \% \quad (2)$$

где  $s_1$  и  $s_2$  значения энтропии в моменты времени  $t_1$  и  $t_2$  и информационной дивергенцией:

$$d = \int (W1(x) - W2(x)) \ln \left( \frac{W1(x)}{W2(x)} \right) dx \quad (3)$$

где  $W1(x)$  и  $W2(x)$  сравниваемые функции ВСП. Для расчета информационных показателей использована программная среда «R».

В статье проанализированы изменения вероятностно-статистических распределений, относительные приращения информационной энтропии и информационная дивергенция содержания ила (по Качинскому), содержания гумуса (по методу Тюринга) и рН (водный) в слоях почвы 0–20, 20–30, 30–50 и 50–100 см за период 60 – 90х годов 20-го столетия. Количество почвенных разрезов в базе данных было значительным, поэтому объемы статистических выборок по почвенным свойствам достаточны для идентификации их ВСП (табл. 1).

Таблица 1. Объемы статистических выборок по свойствам черноземов южных

Свойство	Год	Легкосуглинистые	Среднесуглинистые
Содержание гумуса	1963	59	40
	1989	91	127
Содержание ила	1963	53	39
	1989	65	130
рН	1963	53	30
	1989	65	95

### Результаты и обсуждение

Современные изменения содержания ила в основном связаны с пахотным использованием этих почв. Вспашка приводит к смешиванию верхнего горизонта почвы с нижележащим слоем и гомогенизирует их. Длительное пахотное использование почв провоцирует почвообразовательные процессы, суммарное действие которых выражается изменениями ВСП содержания ила (рис. 1).

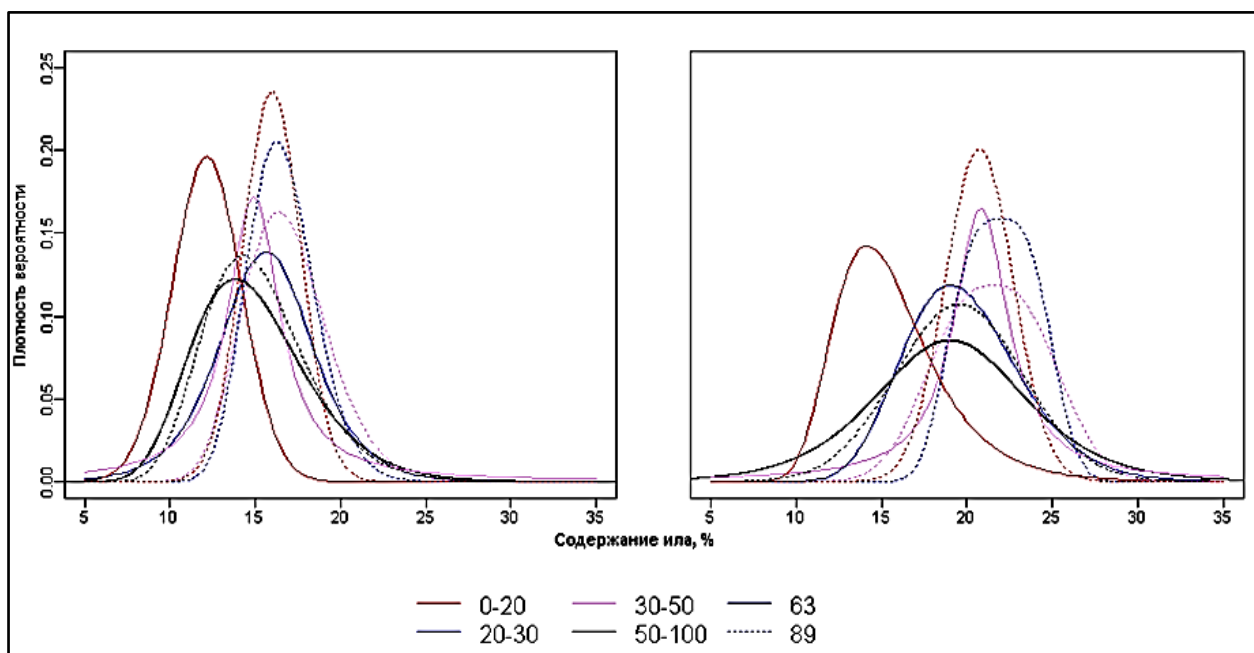


Рис. 1. Вероятностно-статистические распределения содержания ила в черноземах южных в 1963 и 1989 годах: слева – легкосуглинистый; справа – среднесуглинистый.

За исследуемый период в черноземах южных в верхнем слое (0–20 см) произошло увеличение центральных значений и уменьшение вариабельности содержания ила и физической глины. Выявленные изменения произошли за счет модификации ВСР этих показателей, заключающейся в уменьшении вероятностей пониженных значений. Аналогичные тенденции выявлены также в слоях 20–30 и 30–50 см, но выражены они в меньшей степени, а глубже по профилю – минимальны. Эта перестройка вероятностно-статистических распределений содержания ила и физической глины осуществилась в пределах интервалов варьирования, присущих изученным литологическим разновидностям [2].

Анализ трансформации ВСР содержания гумуса в черноземах южных на исследуемой территории выявил наличие тенденций к снижению содержания гумуса в поверхностном слое и его увеличению в нижележащих слоях почвы при уменьшении варьирования (рис. 2). В пахотном горизонте трансформация ВСР произошла за счет уменьшения верхней границы варьирования, в слое 20–30 за счет роста вероятности центральных значений, а в слое 30–50 см за счет увеличения нижней границы интервала варьирования [3].

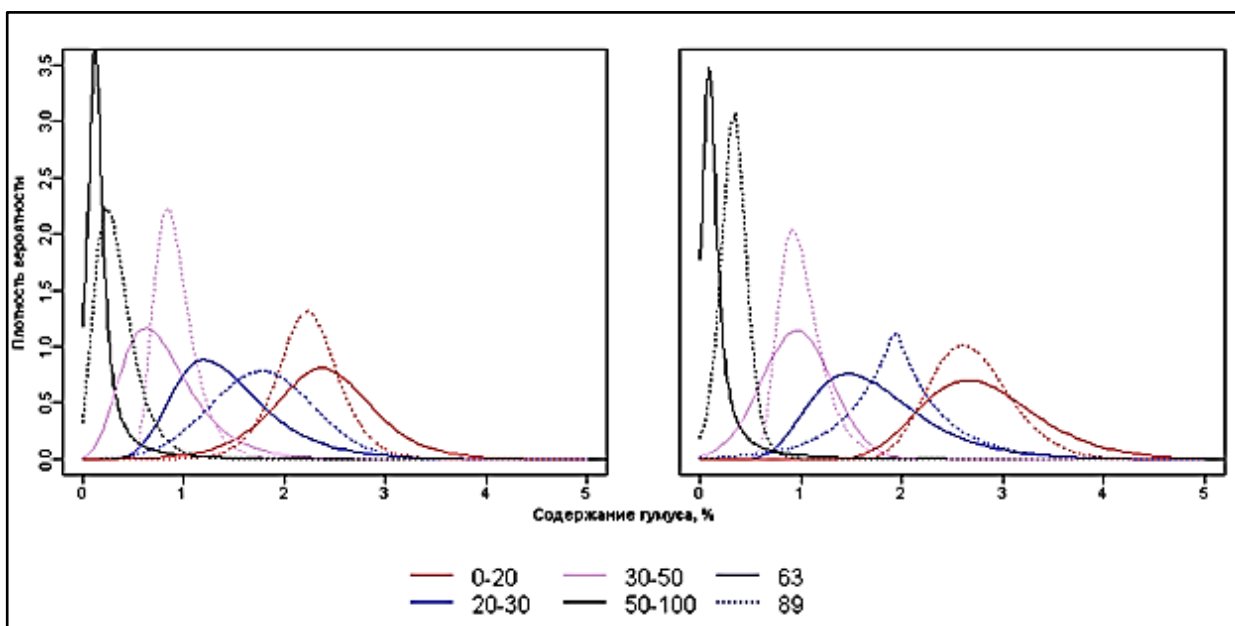


Рис. 2. Вероятностно-статистические распределения содержания гумуса в черноземах южных в 1963 и 1989 годах: слева – легкосуглинистый; справа – среднесуглинистый.

ВСР рН показывают, что в верхней части профиля интервалы варьирования полностью расположены в диапазоне значений, характеризующих нейтральную реакцию среды (рис. 3). При этом в почвах обеих разновидностей они существенно изменяются в слоях почвы вниз по профилю, естественно, но, не одинаково смещаясь в сторону более щелочной реакции среды.

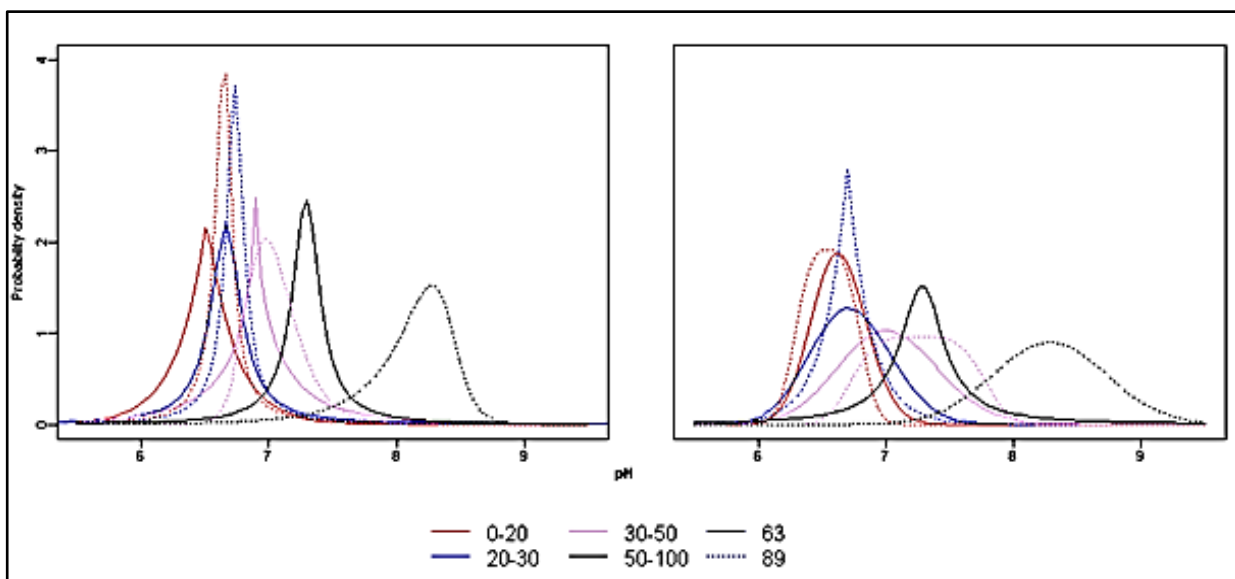


Рис. 3. Вероятностно-статистические распределения рН в черноземах южных в 1963 и 1989 годах: слева – легкосуглинистый; справа – среднесуглинистый.

За тридцать лет изменились как типы, так и параметры вероятностных распределений рН. В слоях 0–20 см и 20–30 см эти изменения минимальны и характеризуются, в основном изменением формы распределения, при существенном уменьшении параметра масштаба. В слое 30–50 см, а в большей степени в слое 50–100 см произошел сдвиг в сторону более щелочной реакции среды [4].

Представленные визуальные тенденции изменения ВСР могут быть скалярно оценены с помощью таких информационных показателей, как относительное приращение информационной энтропии (ИЭ) и информационная дивергенция (ИД), результаты вычислений которых по формулам 1–3 представлены графически на рис. 4.

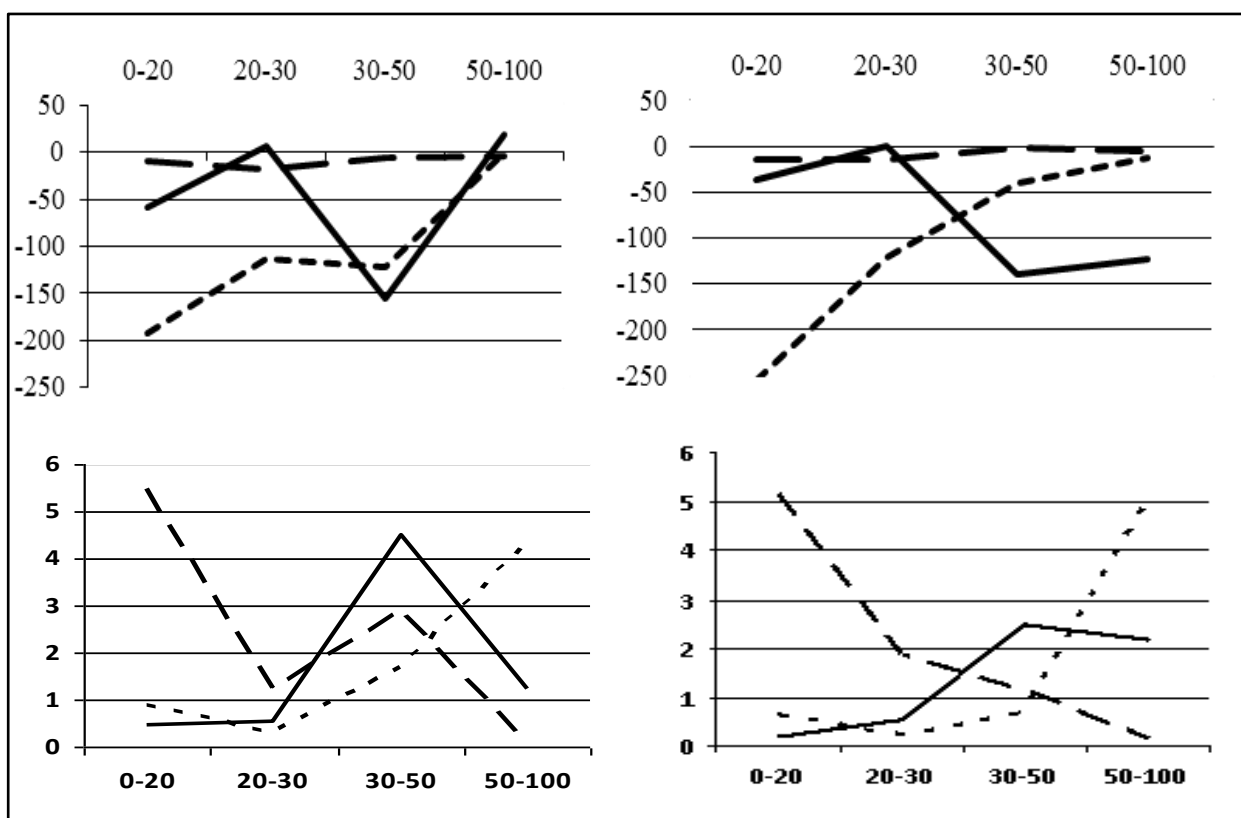


Рис. 4. Относительное (%) приращение энтропии (вверху) и информационная дивергенция (внизу) свойств черноземов южных: слева – легкосуглинистый; справа – среднесуглинистый. Обозначения: сплошная - содержание гумуса; длинный штрих - содержание ила; короткий штрих - рН.

Энтропия содержания ила в слоях изученных почв умеренная 2,0–2,5 [2]. Она меняется мало в течение изучаемого периода, однако, информационный сдвиг выражен и он максимален в верхнем слое, ИД > 5,0 (рис. 4). Ниже по профилю почвы ИД плавно

снижается, в слое 50–100 см близка к нулю. В легкосуглинистой почве выражен второй максимум ИД, который в слое 30–50 см около 3,0. Таким образом, информационная дивергенция содержания ила максимальна в поверхностном горизонте и уменьшается до нуля в глубоких слоях, при этом энтропия содержания ила во всем профиле мало изменилась за исследуемый период, что говорит о том, что выявленные изменения произошли равномерно по пространству.

Информационная энтропия содержания гумуса в слоях почвы и в целом в профиле черноземов невелика - 0,3–0,8 [3]. Однако за изученный тридцатилетний период ИЭ содержания гумуса весьма существенно снизилась: в профиле чернозема южного легкосуглинистого и среднесуглинистого на 60% и 50% от исходного значения, соответственно. Это означает, что состояние почв существенно изменилось, несмотря на то, что абсолютные значения содержания гумуса практически не выходили за пределы интервалов варьирования на начало исследуемого периода.

Существенное снижение ИЭ свидетельствует о снижении количества различных микросостояний в почве, что ведет к уменьшению разнообразия: в поверхностном слое убывает вероятность повышенных значений, а ниже по профилю – пониженных значений содержания гумуса. За тридцать лет пахотного использования черноземов южных, на фоне устойчивого климатического тренда к потеплению, информационная дивергенция содержания гумуса в верхнем слое невелика ( $ИД < 1,0$ ), при этом она максимальна в слое 30-50 см ( $ИД = 4,5–2,5$ ).

Информационная энтропия рН в слоях и в целом в профиле изученных почв невелика - 0,3–0,7 [4]. Изменения энтропии рН так же очень существенны в поверхностном слое почвы (ИЭ уменьшается почти в два раза), однако ниже по профилю изменения энтропии выражены менее значительно, и становятся равными нулю в глубоком горизонте. Информационная дивергенция рН почвы за исследуемый период мала в верхнем горизонте ( $ИД < 1,0$ ) и становится больше в нижней части профиля с максимумом в слое 50–100 см ( $ИД = 4,5–5,0$ ).

Таким образом, количественные изменения свойств почв происходят путем перестроения структуры их variability, выраженной модификацией их вероятностно-статистических распределений, что скалярно оценивается изменениями информационной энтропии и информационной дивергенцией. В целом трансформацию свойств пахотных черноземов южных на Прииртышской равнине можно оценить как умеренную, при том,

что максимальная информационная дивергенция не превышает 5,0. Информационная энтропия, особенно содержания гумуса и рН в верхней части почвенного профиля, весьма значительно уменьшилась, что свидетельствует о существенном снижении variability свойств пахотных черноземов.

### **Заключение**

Изучены трансформации свойств черноземов южных (Haplic Chernozem Pachic) легко- и среднесуглинистого гранулометрического состава, используемых несколько десятилетий для выращивания пшеницы, кукурузы, многолетних трав, на правобережной части Прииртышской равнины.

Трансформации variability содержания ила, гумуса и рН количественно оценены по динамике их вероятностно-статистических распределений (ВСР) и информационных показателей. Выявленные изменения свойств почв произошли за счет модификации ВСР

Перестройка ВСР содержания ила заключалась, в основном, в уменьшении вероятностей пониженных значений, что сильнее выражено в слое 0–20 см. Аналогичные тенденции выявлены также в слоях 20–30 и 30–50 см, но выражены они в меньшей степени, а глубже по профилю – минимальны.

Трансформация ВСР содержания гумуса в пахотном горизонте произошла за счет уменьшения верхней границы варьирования, в слое 20–30 за счет роста вероятности центральных значений, а в слое 30–50 см за счет увеличения нижней границы интервала варьирования.

Изменения ВСР рН в слоях 0–20 см и 20–30 см минимальны и характеризуются, в основном, изменением формы распределения, при существенном уменьшении энтропии. В слое 30–50 см, а в большей степени в слое 50–100 см произошел сдвиг в сторону более щелочной реакции среды.

### **Список использованных источников:**

1. Михеева И.В. Вероятностно-статистическая и информационная оценка современных процессов в природных объектах на основе данных почвенного мониторинга // Вестник Сибирского государственного университета геосистем и технологий. – 2017. – Т. 22. – № 4. – С. 220–236.



Михеева И.В.

Информационная оценка трансформации variability свойств пахотных черноземов

Электронный научно-производственный журнал

«АгроЭкоИнфо»

2. Михеева И.В., Оплеухин А.А. Информационная оценка изменений содержания ила и физической глины в пахотных черноземах Прииртышской равнины // Почвы и окружающая среда. – 2022. – Т. 5. – № 4. – e186. DOI: [10.31251/pos.v5i4.186](https://doi.org/10.31251/pos.v5i4.186)

3. Михеева И.В., Оплеухин А.А. 30-летние изменения вероятностных и информационных характеристик содержания гумуса в черноземах южных Западной Сибири // Живые и биокосные системы. – 2015. – № 13. URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-13/article-9>.

4. Михеева И.В., Оплеухин А.А. Информационная оценка изменений почв по данным почвенного мониторинга // Матер. Междунар. научн. конф. I Никитинские чтения «Актуальные проблемы почвоведения, агрохимии и экологии в природных и антропогенных ландшафтах». – Пермь: ИПЦ «Прокрость». – 2020. – С. 359–363.

**Цитирование:**

Михеева И.В. Информационная оценка трансформации variability свойств пахотных черноземов [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2023. – № 6. – Режим доступа: [http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/6/st\\_618.pdf](http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/6/st_618.pdf) DOI: <https://doi.org/10.51419/202136618>.