



УДК 631.48 (571.61)

Э.П. Синельников, Т.А. Чеканникова

### ИНТЕНСИВНОСТЬ И НАПРАВЛЕННОСТЬ ВНУТРИПОЧВЕННЫХ СВЯЗЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ АГРОХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ БУРО-ОТБЕЛЕННЫХ ПОЧВ ПРИМОРЬЯ

*В статье дан сравнительный анализ интенсивности и направленности внутрипочвенных связей (ИВС) агрогенного горизонта буро-отбеленных почв Приморского края, сложившихся в результате различной степени и характера агрохимической нагрузки (агрохимическое состояние, или АСП). Использована модель взаимодействия показателей агрохимических свойств на основе метода коррелятивных плеяд. Выявлено, что преобладающее значение в формировании ИВС имеет характер физико-химических свойств.*

**Ключевые слова:** Приморский край, буро-отбеленные почвы, агрогенный горизонт, тип агрохимического состояния, интенсивность и направленность внутрипочвенных связей.

*E.P. Sinelnikov, T.A. Chekannikova*

### INTENSITY AND ORIENTATION OF INNER SOIL BONDS OF DIFFERENT TYPE OF AGROCHEMICAL CONDITION OF BROWN-PODZOLIC SOILS IN PRIMORYE

*The article gives the comparative analysis of inner soil bonds intensity and orientation in the agrogenic layer horizon of brown-podzolic soils in Primorskiy Krai. These soils appeared as a result of various extent and character of agrochemical conditions (agrochemical state). The model of agrochemical index bond on the basis of correlation pleiad method is used. The character of physical and chemical properties plays the main role in the formation of soil bond intensity.*

**Key words:** Primorskiy Krai, brown-podzolic soils, agrogenic layer, agrochemical condition type, soil bond intensity and orientation.

**Введение.** Плодородие любой агрогенно-измененной почвы является самым динамичным показателем и зависит не только от естественных факторов почвообразования, но прежде всего от производственной деятельности (технология возделывания сельскохозяйственных культур, применение мелиораций, внесение удобрений и т.д.). Все это формирует определенный тип агрогрупп агрохимического состояния, который мало согласуется с генетической принадлежностью конкретного типа почвы. Эти группы было предложено называть типом агрохимического состояния почвы, или АСП [2–5].

Авторами разработки АСП предложено выделять пять типов. Первый тип включает поля, в которых все анализируемые агрохимические свойства существенно выше среднестатистических значений; второй тип характеризуется показателями, близкими к средним значениям; третий тип имеют показатели явно ниже средних; к четвертому типу отнесены поля с сочетанием благоприятно высоких показателей содержания гумуса и NPK на фоне неблагоприятных физико-химических свойств; пятый тип характерен для полей с низким содержанием гумуса и NPK, но удовлетворительными физико-химическими свойствами.

**Цель исследования.** Определить интенсивность и направленность внутрипочвенных связей по типам агрохимического состояния буро-отбеленных почв Приморского края.

**Объект и методы исследования.** Детальное описание морфологических и генетических свойств буро-отбеленных почв (отбелов) Приморья, используемых нами в исследовании, дано в работах [6–8]. С позиций сельскохозяйственного производства следует подчеркнуть, что целинные варианты характеризуются совокупностью крайне неблагоприятных свойств, в том числе малой мощностью гумусового горизонта; нали-

чием мощного элювиального горизонта  $A_2$ , который обладает повышенной плотностью, способствующей быстрому переувлажнению гумусового горизонта даже при умеренных осадках. Для целинных почв характерно очень низкое содержание подвижного фосфора и высокий уровень обменной и гидролитической кислотности. В целом отбелы занимают около 20% земледельческой зоны региона, но в настоящее время под пашню используются крайне мало.

Под интенсивностью внутрипочвенных связей (ИВС) понимается направленность и интенсивность связей внутрипочвенных процессов и свойств, изменяющихся в зависимости от характера антропогенного воздействия и естественных факторов существования и функционирования почвы. Величина ИВС рассчитана по методу Э.П. Синельникова, Ю.И. Слабко и В.И. Ознобихина [2,4,5]. Порядок расчета ИВС включает следующие операции:

1. Нахождение коэффициентов корреляции между всеми анализируемыми агрохимическими признаками.
2. Выбор связей с достоверностью  $> 0,90$ .
3. Построение графика достоверных связей.
4. Формальная оценка и индексировка связи в баллах при вероятности 0,999 (А); 0,99 (В); 0,95 (С); 0,90 (D) соответственно 4,3,2, и 1 балл.
5. Определение структурных формул связей по вариантам опыта.
6. Расчет алгебраической суммы индексов:  $\Sigma = X_1A + X_2B + X_3C + X_4D$ , где  $X_1 \dots X_4$  – число связей определенного уровня.

7. Определение «емкости» связей  $\sum_{i=1}^n$ , представляющей число связей  $n$ .

8. Определение «интенсивности» связей по отношению емкости к числу анализируемых признаков (N):  $\sum_{i=1}^n / n$ .

9. Определение средней величины связи  $\Sigma/n$ .
10. Определение «относительной» величины:  $100 \Sigma / (N-1)^2$ , %.
11. Определение «встречаемости признака», т.е. количества найденных связей анализируемых признаков, выраженных в % к теоретически возможному числу связей при  $N=7$  (в нашем случае).
12. Выражение абсолютных показателей в баллах с учетом возможных минимальных и максимальных уровней

$$Bi = \frac{(X_{fact} - X_{min})}{X_{max} - X_{min}} \cdot 100.$$

13. Расчет показателя ИВС как отношение суммы в баллах по варианту опыта к числу показателей.

Средние значения агрохимических свойств агрогенного (пахотного) горизонта антропогенно-преобразованных буро-отбеленных почв по разным типам АСП представлены в таблице 1. В качестве контроля использованы данные, опубликованные в справочнике агрохимической характеристики почв Приморья [1].

Таблица 1

## Средние показатели свойств БО почв по типам АСП

Показатель	Вариант					
	Контроль	АСП 1	АСП 2	АСП 3	АСП 4	АСП 5
Гумус, %	3,5	4,6	3,5	2,0	5,2	2,1
N, мг/кг	108	86	77	52	91	44,5
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	9	174	45,5	12	77	62
K <sub>2</sub> O, мг/кг	70	195	117	75	148	73
S, мэкв/100 г	14,9	34,9	20,6	12,8	15,9	22,2
Hr, мэкв/100 г	5,3	1,1	3,3	5,1	8,3	1,2
pH сол	4,8	6,4	5,4	4,5	4,5	6,2

Репрезентативность данных по «контролю» вполне согласуется с показателями начальных туров агрохимического обследования 1964–1970 и 1971–1977 гг. [3,5], согласно которым содержание подвижного фосфора составляло 17–18 мг/кг, подвижного калия – 100–110, а величина pH сол – 4,8.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Результаты первого этапа определения величины ИВС различных типов агрохимического состояния отбелов представлены в таблице 2. Всего в анализ было включено семь основных агрохимических свойств (табл.1).

Максимальной плотностью коррелятивных связей (14) обладают поля, отнесенные к контролю, в том числе 6 с «очень тесной» и 2 с «тесной» связью. Повышение антропогенной нагрузки в виде внесения удобрений и известкования существенно снижает число коррелятивно зависимых связей. Это положение было четко доказано в полевом многолетнем опыте с применением минеральных удобрений в дозах 100, 200 и 300 кг по д.в. [3–5]. При внесении минимальной дозы удобрения произошло резкое разбалансирование системы «почва-растение», снижение комплексной величины агрохимического состояния с 14,5 до 3,7 балла, возрастание интенсивности отрицательных явлений.

Таблица 2

**Расчет комплексного показателя интенсивности внутрипочвенных связей по типам АСП**

Вид оценки, лимиты	Показатель, вариант опыта								
	Число связей	Формула	Сумма	Емкость	Интенсивность	Средняя величина	Относительная величина	Встречаемость, %	ИВС
X min	1	1D	1	1	0,14	0,14	2,8	6	-
X max	28	28A	112	28	4	16	311,1	42	-
Контроль	14*	6A+2B+6C	42	14	2	6	116,6	50	-
	-**	-	36,9	48,1	48,1	36,9	36,9	122,2	54,9
АСП 1	8*	3A+3C+2D	20	8	1,1	2,9	55,6	28,6	-
	-**	-	17,1	25,9	24,9	17,4	17,1	62,7	27,5
АСП 2	5*	3C+2D	8	5	0,7	1,14	22,2	17,9	-
	-**	-	6,3	14,8	14,5	6,3	6,3	30,1	13,1
АСП 3	4*	2A+1B+1C	13	4	0,57	1,85	36,1	14,3	-
	-**	-	10,8	11,1	11,1	10,78	10,8	23,1	12,95
АСП 4	4*	3A+1B	15	4	0,57	2,1	41,7	14,3	-
	-**	-	12,6	11,1	11,1	12,4	12,6	23,1	13,8
АСП 5	6*	5A+1B	23	6	0,86	3,3	63,9	21,4	-
	-**	-	19,8	18,5	18,7	19,9	19,8	42,8	23,4

Примечание: \* – абсолютное значение; \*\* – относительное значение, в баллах.

Только увеличение дозы удобрения до 300 кг/га позволило восстановить уровень АСП до исходного состояния, характерного для «чистого пара без удобрения».

В нашем случае, при сравнении величин ИВС по типам АСП отбелов, получено четкое разделение на две группы. К одной группе относятся показатели АСП 1 и АСП 5, где интенсивность внутрипочвенных связей составляет соответственно 27,5 и 23,4 балла; ко второй – АСП 2, АСП 3, АСП 4, у которых интенсивность практически равнозначна и близка к 13 баллам.

Отсюда следует, что основным фактором, определяющим интенсивность внутрипочвенных связей, является физико-химическое состояние агрогенного горизонта, которое повышает величину ИВС более чем

на 10 баллов. Доля фактора содержания питательных элементов существенно ниже и не превышает 2–5 баллов.

Данное положение достаточно четко подтверждается величиной «встречаемость корреляционных зависимостей». При анализе семи агрохимических свойств теоретически возможны 42 случая встречаемости. Реально их число на контроле составило 28, для агрогрупп АСП 1 – 16; АСП 2 – 10; АСП 3 – 8. Аналогичная величина (8) получена для АСП 4, а у АСП 5 – 12. Формальная оценка встречаемости показала, что максимальная величина (58%) приходится на гумус, а минимальная (16%) – на легкогидролизуемый азот. Участие подвижных форм фосфора и калия в корреляционной зависимости внутрипочвенных связей составляет соответственно 22 и 25%, а физико-химических свойств – 33–36%.

Направленность процессов трансформации агрохимических свойств отбелов по типам АСП оценивается относительно контроля в баллах. Для этого разница между агрохимическими свойствами контроля рассчитывается в процентах, а направленность изменений – в положительных и отрицательных значениях. Результаты изменений, выраженные в процентах от максимальных величин агрохимических свойств, представлены в таблице 3.

Алгебраическая сумма положительных и отрицательных формальных величин, отнесенная к числу результативных признаков, показывает направленность процессов трансформации (Нт). Отношение средних показателей положительных изменений к средним показателям отрицательных – интенсивность процессов трансформации (Ит).

Теоретически при числе анализируемых признаков, равном 7, Ит изменяется от 0,14 до 4, что позволяет выделить определенные уровни этого процесса: отрицательно слабый (1–0,60), средний (0,59–0,33), сильный (0,32–0,14). Аналогично для положительной интенсивности: положительно слабый (1,0–1,66), положительно средний (1,67–3,0) положительно сильный (3,0–4,0). Направленность трансформации при N =7 изменяется от -93 до +93. Шаг, равный  $\pm 31$ , позволяет определить отрицательно и положительно слабые, средние и сильные периоды этого процесса.

Таблица 3

**Формализация изменений показателей АСП и характер процессов трансформации относительно контроля**

Показатель	Вариант				
	АСП 1	АСП 2	АСП 3	АСП 4	АСП 5
Гумус	$\frac{+31}{63}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{-43}{88}$	$\frac{+49}{100}$	$\frac{-40}{82}$
N	$\frac{-20}{34}$	$\frac{-29}{49}$	$\frac{-52}{88}$	$\frac{-16}{27}$	$\frac{-59}{100}$
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	$\frac{+1833}{100}$	$\frac{+405,5}{22}$	$\frac{+33}{2}$	$\frac{+755,5}{41}$	$\frac{+589}{32}$
K <sub>2</sub> O	$\frac{+178,5}{100}$	$\frac{+67}{38}$	$\frac{+7}{4}$	$\frac{+111}{62}$	$\frac{+4}{2}$
S	$\frac{+134}{100}$	$\frac{+38}{28}$	$\frac{-14}{10}$	$\frac{+7}{5}$	$\frac{+49}{37}$
Hr	$\frac{-79}{100}$	$\frac{-38}{48}$	$\frac{-4}{5}$	$\frac{+57}{72}$	$\frac{-77}{97}$
pH сол	$\frac{+33}{100}$	$\frac{+12,5}{38}$	$\frac{-6}{18}$	$\frac{-6}{18}$	$\frac{+29}{88}$

Примечание. Над чертой – показатель изменений, в % от контроля; под чертой – балльное выражение различия изменений относительно максимального показателя.

Расчет предлагаемых показателей (табл.4) позволяет найти суммарную величину различий интенсивности и направленности процессов формирования агрохимического состояния буро-отбеленных почв по типам АСП, выраженную балльной оценкой интенсивности трансформации.

Полученные расчеты свидетельствуют об изменении интенсивности трансформации по типам АСП от очень сильно отрицательной (0,09) до положительно средней (2,07). Направленность интенсивности внутрипочвенных связей буро-отбеленной почвы изменяется от очень сильно отрицательной (-203) до очень сильно положительной (+329).

Таблица 4

**Расчет направленности и интенсивности трансформации свойств БО почвы по типам АСП**

Показатель	Вариант				
	АСП 1	АСП 2	АСП 3	АСП 4	АСП 5
Сумма положительных значений, балл	463	126	6	280	159
Число положительных изменений, шт.	5	4	2	6	4
Сумма отрицательных значений, балл	134	97	209	45	279
Число отрицательных изменений, шт.	2	2	6	2	3
Направленность трансформации (Нт)	+329	+29	-203	+235	-120
Интенсивность трансформации (Ит)	1,38	0,65	0,09	2,07	0,43

Первый тип агрохимического состояния полей характеризуется очень сильной направленностью и слабой интенсивностью положительной трансформации внутрипочвенных связей.

Второй тип АСП имеет слабую положительную направленность на фоне слабой интенсивности трансформации.

Третий тип АСП характеризуется очень сильной (0,09) интенсивностью и сильной направленностью отрицательной трансформации.

Для четвертого типа АСП характерна сильная направленность и средняя интенсивность положительной трансформации внутрипочвенных связей буро-отбеленных почв.

Пятый тип АСП имеет сильную отрицательную направленность и отрицательно среднюю интенсивность трансформации.

### Выводы

1. Предоставленные результаты позволяют достаточно четко разделить сложившиеся агрогруппы почвенных выделов в пределах единого генетического типа почв не только по показателям агрохимических свойств и их сочетанию (типы АСП), но и по интенсивности и направленности внутрипочвенных процессов.

2. Изложенная методика анализа указанных явлений вполне репрезентативна и может быть применена при детальной оценке данных опытных почвенно-агрохимических исследований.

### Литература

1. Агрохимическая характеристика почв СССР: сб.ст. / отв. ред. А.В. Соколов. – М.: Наука, 1971. – 331с.
2. Синельников Э.П., Ознобихин В.И. Модели взаимодействия показателей плодородия почв на основе метода корреляционных плеяд // Математические методы и ЭВМ на службе почвенных прогнозов. – М.: Изд-во Почв. ин-та им. В.В. Докучаева, 1988. – С. 33–40.
3. Синельников Э.П. Оптимизация свойств и режимов периодически переувлажняемых почв / ДВО ДОП РАН, Приморская ГСХА. – Уссурийск, 2000. – 296 с.
4. Синельников Э.П., Слабко Ю.И. Использование комплексных показателей для оценки агрохимического состояния почвы // Агрохимия. – 1991. – №7. – С.96–103.
5. Синельников Э.П., Слабко Ю.И. Арогенезис почв Приморья. –М.: ГНУ ВНИИА, 2005. – 280 с.

6. Синельников Э.П., Чеканникова Т.А. Сравнительный анализ баланса вещественного состава почв различной степени отбеленности равнинной части Приморского края // Вестник КрасГАУ. – 2011. – №12 (63). – С.87–92.
7. Синельников Э.П., Чеканникова Т.А. Сравнительная оценка интенсивности и направленности процессов трансформации вещественного состава профиля отбеленных почв равнинных территорий Приморского края и дерново-подзолистых почв южной тайги Западной Сибири // Вестник КрасГАУ. – 2012. – №10 (73). – С.28–34.
8. Чеканникова Т.А. Сравнительная характеристика строения аккумулятивно-элювиальной части профиля естественных и антропогенно-преобразованных буро-отбеленных почв Приморья // Ноосферные изменения в почвенном покрове. – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2007. – С. 358–362.



УДК 631.618.40

В.А. Андроханов, А.Т. Лавриненко

#### ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ КОРНЕОБИТАЕМОГО СЛОЯ ПОВЕРХНОСТИ ОТВАЛОВ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ КАТЭКа ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

*Проведены исследования плодородного слоя почв в районах расположения угледобывающих предприятий, потенциально плодородного слоя верхнего вскрышного уступа карьера и буртов хранения с целью оптимизации состава корнеобитаемого слоя на поверхности отвалов для лесохозяйственного направления рекультивации.*

**Ключевые слова:** рекультивация, техногенно нарушенные земли, корнеобитаемый слой отвалов, смеси плодородных и потенциально плодородных слоев почвы, направление рекультивации.

V.A. Androkhonov, A.T. Lavrinenko

#### THE TECHNOLOGY SUSTANTIATION FOR ROOT ZONE LAYER CREATION AND FORMATION OF THE KATEK COAL-MINING ENTERPRISE DUMP SURFACE FOR THE BIOLOGICAL RECULTIVATION

*The research of the fertile soil layer in the areas of coal mining enterprises is conducted. The potentially fertile top layer of career stripping step and storage clamp in order to optimize the composition of the root zone layer on the dump surface for the forest cultivation direction is researched.*

**Key words:** recultivation, anthropogenic disturbed land, dump root zone layer, mixture of fertile and potentially fertile soil layers, recultivation direction.

---

**Введение.** Традиционная технология рекультивации, которую используют при проектировании строительства, развития и корректировки угледобывающих предприятий, в соответствии с «Основными положениями о рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы», утвержденными Приказом Минприроды России и Роскомзема от 22 декабря 1995 г. № 525/67 и ГОСТ 17.5.3.04-83, 17.5.1.01-83, осуществляется последовательно в два этапа: технический и биологический.

Технический этап предусматривает планировку поверхности отвалов, формирование откосов, снятие, хранение и нанесение плодородного слоя почвы (ПСП) и потенциально плодородных (подстилающих) слоёв (ППС), устройство гидротехнических и мелиоративных сооружений, а также проведение других работ, создающих необходимые условия для дальнейшего использования рекультивированных земель по целевому назначению.