

УДК 631.47(470.11)

## ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ СТРУКТУРЫ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЮЖНОЙ ЧАСТИ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

И. М. ЯШИН, Г. Г. ГАВРИКОВ

(Кафедра почвоведения)

В статье приводятся данные, по которым можно судить об особенностях структуры почвенного покрова типичного ландшафта Архангельской области на низшем уровне организации почв. Дается комплексная оценка элементарных почвенных структур на примере структуры почвенного покрова мелиорированных земель. Отмечено сильное варьирование морфологических признаков и свойств почв в пространстве; установлена крайне низкая (после освоения) производительная способность этих почв.

Интерес к изучению структуры почвенного покрова (СПП)<sup>1</sup> обусловлен не только развитием картографии, географии, экологии почв, но и возрастающими запросами современного сельскохозяйственного производства. Варьирование урожайности в пределах одного поля севооборота [7, 18], неустойчивое качество кормов и сельскохозяйственной продукции даже в хозяйствах с высокой культурой земледелия [21], нередко низкая экономическая эффективность работы мелиоративных объектов, особенно закрытых осушительных дренажных систем на севере Нечерноземья [8, 9], недостаточная окупаемость средств химизации на 1 руб. затрат, длительность и нестабильность окультуривания почв отдельных регионов, в частности севера Русской равнины [7, 5, 13, 14, 19, 21], — все это требует более глубокого познания генезиса почв и успешного решения вопросов их рационального использования.

В связи с этим нами изучались микроструктуры почвенного покрова на одном из водораздельных вновь мелиорируемых участков землепользования колхоза «Восход» Няндомского района Архангельской области с целью установления их однородности и изменений свойств почв в процессе комплексной мелиорации, а также для качественной оценки компонентов СПП и массива в целом с агрогенетической точки зрения.

### Методика

Территория хозяйства приурочена к типичному почвенно-геоморфологическому району европейского Севера [24]. В геоморфологическом отношении она представляет собой сложный, динамично развивающийся моренный грядово-западинный ландшафт с большим количеством озер. В современный период моренные образования подвергаются воздействию флювиальных и склоновых вод, в результате чего склоны гряд и увалы расчленяются эрозионной сетью, увеличивается каменистость поверхностных слоев почв, уменьшается мощность гумусово-аккумулятивного горизонта, возрастает активный смыв вносимых удобрений, что отрицательно сказывается на производительной способности почв [24].

Стационар площадью 0,7 га был заложен на относительно выровненном водоразделе моренной гряды с абсолютными отметками около 248 м над ур. м. Предварительно с учетом всей площади колхоза (включая лесные и болотные массивы) была выполнена корректировка почвенной карты в М1 : 10 000. Картографической основой служили отдешифрированные

фотопланы с горизонталями М1: 10 000. Использовали также первичные почвенные карты, планы землеустройства, аэроснимки, геоморфологические карты, лесотаксационные схемы и т. д.

Применение аэрофото материалов и метода ландшафтного дешифрирования позволило четко диагностировать на основных формах и элементах мезорельефа (поймы и террасы рек, водоразделы, склоны террас, увалов, холмов, подошвы склонов, блюдцеобразные западины, ложинообразные межувалистые понижения и т. д.) почвенные комбинации на уровне мезоструктур. По компонентному составу мезоструктуры стационарного мелиорированного участка «Егрома» 2-го года освоения представлены главным образом сочетаниями-мозаиками. Среди них на ключевом участке при последующем картировании (М1 : 200) диагностированы автоморфно-полугидроморфные эрозионные микропятности-микромозаики — это осваиваемые слабо-, средне- и сильноподзолистые почвы разного механического состава с поверхностно- и грунтово-глеевыми (редко глеевыми) аналогами на

<sup>1</sup> Понятие и термин СПП используются при изучении комбинаций почв с позиций пространственных трехмерных природных объектов [22].

двучленных, флювиогляциальных и моренных отложениях, а также полугидроморфные микромозаики — осушаемые болотно-подзолистые, дерново-перегнойные глеевые и болотные низинные почвы, развитые главным образом на красно-бурой завалуенной суглинистой морене.

Почвенный покров картографировали путем заложения полнопрофильных разрезов в сети квадратов  $10 \times 10$  м, «привязанных» на местности к нескольким постоянным ориентирам, а также к системе провешенных параллельных ходов с реперами. Каждый квадрат обрабатывали 2—3 разрезами и уточняющими прикопками в зависимости от микрорельефа и залегания почвообразующих пород. Дополнительную информацию о морфологии почв и их топографии получали с помощью трансекты — профили магистрального мелиоративного канала протяженностью около 50 м. Всего на участке 0,7 га исследовали 107 разрезов глубиной 1,2—1,7 м [24]. Путем заложения разрезов с указанной

частотой в условиях динамичного моренного рельефа Коношско-Няндомской моренной гряды удалось выявить интересные особенности генезиса и географии почв на низшем таксономическом уровне их пространственной организации. Масштаб полевого картирования стал критерием выявления элементарных почвенных ареалов (ЭПА), оценки их однородности и возможности выделения в пространстве специфичных почвенных объектов — предельных структурных элементов (ПСЭ).

Таким образом, при крупномасштабном картографировании объектом исследования являются элементарные почвенные структуры (ЭПС), представляющие собой одну или несколько (значительных по площади) комбинаций почв, а при детальном — сопряженные ЭПА, или почвы одного разряда (развитые на одинаковой материнской породе). ЭПА по строению также неоднородны. Как правило, это своеобразные комбинации почвенных индивидуумов (ПИ) и ПСЭ.

## Результаты

Как показали материалы почвенного картирования и исследования почв на территории колхоза «Восход», крупномасштабная почвенная карта является лишь приближенной схемой природного почвенного покрова, что обусловлено самой методикой крупномасштабного почвенного картирования. В этом случае пестрота почвенного покрова поля или участка генерализуется в одну (преобладающую) почву; сопутствующие аналоги, нередко приводящие к резкому снижению в условиях севера Нечерноземной зоны РСФСР балла бонитета почвенного массива, не учитываются. Такой подход, естественно, отрицательно сказывается на объективной оценке качества почв участка и приводит к завышению планируемой урожайности, хотя в этом случае упрощаются технологические операции, уменьшаются затраты труда и времени на полевом и камеральном этапах подготовки карт, снижается стоимость почвенных изысканий.

Применение при картировании качественной картографической основы позволяет заметно повысить объективность скорректированной крупномасштабной почвенной карты. При корректировке в 1983 г. результатов первичного почвенного обследования (1961 г.) были внесены уточнения данных по эродированности, оглеению, каменистости почв и т. д. в среднем на 45—60 % площади колхоза, а по ряду массивов более чем на 85 % площади.

В процессе изучения топографии почв стационара было установлено, что при уменьшении размеров пространственных почвенных структур увеличивается генетическая информативность единичного объекта с максимумом в минимально возможном природном объеме — ПИ. Это свидетельствует как о тесной взаимосвязи генетического и географического аспектов, так и о существовании цепи исходных уровней развития и организации почвенного покрова: ПИ→ПСЭ→ЭПА (простые и сложные). И если зональные факторы почвообразования определяют развитие почв на типовом уровне и компоновку СПП на макро- и мезоуровне, то многообразные взаимодействия и взаимовлияния ПИ в процессе биогенного, гравитационного и диффузионного перераспределений веществ и энергии обуславливают формирование и эволюцию почв на микроуровне. Важно в этой связи отметить, что в природе существуют строго определенные организации почв, а не отдельные разобщенные их индивидуумы. Не исключено, что близкие по генезису группы почв на одной территории при неодинаковых уровнях структурной организации и взаимодействия будут различаться по скорости и характеру эволюции. Следовательно, необходим дифференцированный подход к

их окультуриванию и сельскохозяйственному использованию в севообороте.

Имеющиеся в литературе трактовки понятий ПИ, ПСЭ, ЭПА, ЭПС, их интерпретация при использовании различных математических приемов [1, 6, 10, 11] нуждаются в уточнении. Теоретическое обоснование и изучение структурных уровней организации почв (генетический и географический аспекты), как одно из перспективных направлений в почвоведении также, находится на этапе становления. Требуется дальнейшее накопление и систематизация фактического материала по почвенному обследованию слабоизученных (с точки зрения СПП) территорий страны, например севера Русской равнины.

Концепцию ПИ, предложенную Л. И. Прасоловым [17], в настоящее время развивают Ф. И. Козловский с соавторами [10, 11], Л. О. Карпачевский [8] и другие отечественные исследователи.

Обоснование ПИ как наименьшего и характерного объема почвы было дано в связи с выделением и тщательным изучением природных единичных (индивидуальных) почвенных объектов [11, 12, 19, 20] и внедрением в почвоведение методов математического анализа [1, 6, 11].

Ф. И. Козловский с соавторами [10] рассматривают ПИ, только исходя из процессов и свойств самих почв, что отличает этот подход от традиционных трактовок. Авторы отмечают, что экспериментальное определение ПИ и его свойств возможного главным образом путем статистического изучения пространственной неоднородности почв. В настоящее время еще недостаточно фактических данных об ЭПА и их микроструктурах. Мало сведений об устройстве, развитии, трансформации при освоении почвенных структур применительно к разным зонально-провинциальным ландшафтам Нечерноземья.

ЭПА на рассматриваемой территории образуют две характерные группы: 1-я — почвы занимают верхние части микроповышений, при этом признаки и свойства почв изменяются от центра ЭПА к периферии (в основном эродированные аналоги); данные почвы образуют опорные структуры; 2-я — так называемые переходные структуры почв, изменение свойств прослеживается от одной границы ЭПА к другой. Сюда относятся ЭПА намывных и иллювиально-железистых почв, занимающих соответственно подошвы микросклонов и окрайки западин. Для 1-й группы ЭПА характерна элювиальная направленность, для 2-й — транзитная (элювиально-аккумулятивная). В общем плане подобное перераспределение веществ в сопряженных ЭПА можно оценить через элементарное «поле» миграции. Соотношение величин по полям миграции позволит конкретизировать вынос и пути миграции химических соединений в пределах конкретной пространственной ЭПС на мезо- и микроуровне.

ПИ находится на стыке микрогеографической и макрогенетической организаций почвы и представляет собой очень сложную и динамичную систему, которую необходимо рассматривать как наиболее крупную упорядоченную морфоструктуру [2, 4, 12, 20, 22].

Оценивая структурные уровни почвы, А. Д. Воронин [2] выделяет общие, присущие материи вообще, и частные, отражающие самобытность почвы как естественно-исторического природного тела. В данной системе ПИ занимает 5-й интегральный уровень.

Выделяемые на ключе при детальной почвенной съемке ЭПА визуально считаются гомогенными. Их однородность уточняется затем при проверке на наличие тренда [1, 3, 6]<sup>2</sup>. Существование циклического тренда обосновывается с помощью рангового коэффициента корреляции ( $r_g$ ) Спирмена [по 3]. Например, в гомогенном ЭПА площадью 17,5 м<sup>2</sup> было установлено варьирование мощности вновь созданного пахотного горизонта при интервалах 0,5 м. Найденный коэффициент

<sup>2</sup> Тренд представляет собой тенденцию развития нестационарной функции  $\chi(t)$  во времени и пространстве. Вероятностные значения стационарной (случайной) функции (среднее, дисперсия) не зависят от времени [3]. При этом за начало отсчета может быть выбран любой момент времени.

Спирмена  $r_{\text{факт}}$  оказался равным 0,110, а коэффициент  $r_{\text{табл}}$  при  $P_{05}$  и  $n = 5$  равен 0,253. Поскольку  $r_{\text{факт}} < r_{\text{табл}}$ , в рассматриваемой последовательности мощностей горизонта  $A_p$  тренд не обнаружен.

Практическая значимость результатов обычных почвенно-картографических работ и исследований СПП все еще остается незначительной. Это обусловлено, с одной стороны, тем, что почвенные службы пока не разработали необходимые сельскохозяйственным предприятиям карты производительной способности земель и карты для прогноза изменений свойств почв; с другой — имеющимся информационным разрывом между генетическим (ПИ) и географическим (участок, поле севооборота) уровнями организации и дифференциации веществ и почв в пространстве. В первом приближении устранение указанной информационной разобщенности достигается путем отбора значительного количества индивидуальных (и смешанных) проб почв по профилю для получения результата с заданной точностью [1, 6, 3]<sup>3</sup>. Смешанные образцы могут дать правильное представление о среднем содержании химического соединения (или среднем значении признака) только в пределах гомогенного массива ЭПА. Неоднородные в почвенном отношении поля севооборота — по ЭПС — нуждаются в диагностировании того или иного показателя на основе взятых индивидуальных проб в определенной повторяемости. В этой связи можно ставить под сомнение правомерность отбора смешанных образцов для определения pH, свойств поглощающего комплекса, содержания подвижных макро- и микроэлементов и других показателей из-за нарушения правила аддитивности. Нарушение указанного подхода выражается, в частности, в низкой эффективности известкования освоенных подзолистых почв в хозяйствах Нечерноземной зоны РСФСР, причем обычно недифференцированно (без учета СПП) рассчитывают дозы известки. Например, данные табл. 1 позволяют заключить, что дозы мелиорантов даже для преобладающих почв ключевого участка (осваиваемые подзолистые, типичные глееватые и иллювиально-железистые, в том числе эродированные, занимающие 79,6 % площади) не совсем корректны, так как массивы осушаемых гидроморфно-полугидроморфных почв (20,6 % площади ключа) с наиболее высокими значениями гидролитической кислотности (в среднем от 3,9 до 38,3 мг-экв на 100 г) мелиорируются в этом случае недостаточно. Аналогичная ситуация складывается при регулировании пищевого режима, когда природная пестрота содержания какого-то элемента питания в почвенных микроструктурах длительный период выравнивается путем внесения недифференцированных (усредненных) доз туков. Поэтому в перспективе рациональное и более направленное регулирование плодородия полей в разных зонах целесообразно проводить с учетом свойств сформировавшихся и динамично развивающихся СПП.

В пределах одного почвенного контура, детализированного при картографировании почв в М1:10000 и при последующей детальной съемке в М1:200, было идентифицировано 82 ЭПА, каждый из которых представляет собой не только индивидуальную своеобразную разновидность почв, но и часть единого целого (почвенного покрова). При этом кажущаяся на первый взгляд хаотичность пространственного залегания компонентов почвенного покрова четко приурочена прежде всего к элементам микрорельефа, характеру почвообразующих пород и условиям залегания грунтовых вод [24]. В связи с этим ЭПА были объединены в микроструктуры по их приуроченности к рельефу. Всего выявлено

<sup>3</sup> Необходимо знать дисперсию изучаемого признака на конкретном поле севообо-

рота и аналитические возможности применяемого лабораторного метода [1, 6]:  $S_{\text{см}}^2 =$

$$= \frac{S_{np}^2}{n_{см}} + S_{ан}^2, \quad \text{где } n_{см} \text{ — кратность смешиваемых проб; } S_{np}^2 \text{ — оценка природной дисперсии признака; } S_{ан}^2 \text{ — оценка аналитической дисперсии; } S_{см}^2 \text{ — оценка дисперсии анализов смешанных образцов}$$

## Характеристика микроструктур почв стационара (ЭПС)

ЭПС (фрагмент стационара)	Средние площади почв		Н <sub>г</sub> , мг-экв на 100 г				К <sub>2</sub> O, мг на 100 г				Балл бонитета для сенокосных и многолетних трав	
	м <sup>2</sup>	% общей площади почв	n*	$\bar{x}$	min	max	n	$\bar{x}$	min	max		
Осушаемые устойчиво переувлажненные:												
болотно-подзолистые	44,8	4,3	4	3,9	1,2	6,6	3	6,4	1,9	15,0	14—10	
дерново-перегнойные глеевые оподзоленные	146,6	14,2	4	5,5	4,9	5,8	4	16,5	14,1	18,1	13—11	
болотные низинные	60,6	5,9	4	38,3	28,9	43,0	4	23,5	8,0	34,0	24—20	
Осваиваемые подзолистые эродированные:												
а) смытые:												
типичные среднесуглинистые	67,8	6,5	4	0,3	0,2	0,4	4	10,8	10,0	12,4	11—7	
иллювиально-железистые	95,5	9,2	—	—	—	—	—	—	—	—	19—20	
контактно-глееватые	70,5	6,8	4	2,6	2,1	3,0	3	12,1	7,6	15,4	16—11	
б) намытые:												
типичные	116,0	11,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
иллювиально-железистые	123,5	11,9	4	2,6	2,3	2,9	3	8,6	5,7	11,4	—	
Осваиваемые подзолистые иллювиально-железистые	80,0	7,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Осваиваемые подзолистые:												
типичные среднесуглинистые поверхностно-глееватые	54,0	5,2	4	1,3	0,9	1,7	4	51,2**	39,3	66,3	18—11	
контактно-глееватые	104,0	10,0	5	3,9	2,0	5,9	5	3,2	1,9	4,8	24—19	
типичные грунтово-глееватые и глеевые	71,9	7,1	5	3,4	1,7	6,5	4	3,0	1,7	5,0	15—10	
Всего	1035,2	100,0										

\* Для слоя 0—40 см.

\*\* Вблизи места складирования туков. За 1982—1983 гг. на участке вносился навоз—32 т/га и нитрофоска: в 1982 г.—125 кг д. в. на 1 га и в 1983 г.—300 кг д. в.

5 почвенных микроструктур. Их состав для краткости запишем в следующем виде<sup>4</sup>:  $I_5$  ЭПС —  $(\Pi_1^0 \cdot \Pi_2^0 \cdot \Pi_3^0) + (\Pi_1^{OK-\Gamma} \cdot \Pi_2^{OK-\Gamma} \cdot \Pi_3^{OK-\Gamma}) + (\Pi_1^{\bar{O}_2} \times$

<sup>4</sup> Расшифровка почвенных индексов:  $\Pi_{1,2,3}^0$  — осваиваемые слабо-, средне- и сильноподзолистые;  $\Pi_{1,2,3}^{OK-\Gamma}$  — осваиваемые контактно-глееватые на двучленных породах: э — эродированные (смытые); н — намытые;  $\bar{\Gamma}$  — грунтово-глеевые;  $\Gamma$  и  $\bar{\Gamma}$  — поверхностно- и грунтово-глееватые; ж — иллювиально-железистые на водноледниковых отложениях;  $D^{n_{20n}}$  дерново-перегнойные глеевые оподзоленные;  $B_{n1}^{T\Gamma}$  — болотные низинные торфяно-перегнойные глеевые;  $B_{n1}^{T\Pi}$  — болотные низинные торфяно-перегнойные на мелких торфах;  $Pb^{T\bar{\Gamma}}$  — торфянисто-подзолистые грунтовоглеевые.

Расшифровка элементарных почвенных структур:  $\Pi_1^{OЖ} D^{n_{20n}} B_{n1}^{T\Pi} B_{n1}^{T\Gamma} Pb^{T\bar{\Gamma}}$  — автономная политипная гидроморфная микрокатена;  $\Pi_1^0 \cdot \Pi_2^0 \cdot \Pi_3^0$  — микропятнистость почв;  $\Pi_1^{O\bar{\Gamma}} \times \Pi_2^{O\bar{\Gamma}} \times \Pi_3^{O\bar{\Gamma}}$  — микро мозаики почв;  $\Pi_3^{O\bar{\Gamma}} \Pi_1^{OЖн}$  — простые микрокомплексы почв;  $(\Pi_1^0 \cdot \Pi_2^0 \cdot \Pi_3^0) + (\Pi_1^{OK-\bar{\Gamma}} \cdot \Pi_2^{OK-\bar{\Gamma}} \times \Pi_3^{OK-\bar{\Gamma}}) + (\Pi_1^{\bar{O}_2} \times \Pi_2^{\bar{O}_2} \times \Pi_3^{\bar{O}_2})$  — сложная монотипная почвенная микроструктура.

$\times P_2^{\text{оэ}} \times P_3^{\text{оэ}}$ ), почвы слабо- и среднекаменистые, ее площадь 1977,0 м<sup>2</sup>, или 29,3 % всего участка ключа; 2-я ЭПС —  $(P_1^{\text{оэ}} \times P_1^{\text{оэ}} \times P_1^{\text{оэ}}) + (P_2^{\text{ок-г}} \cdot P_1^{\text{ок-гэ}} \times P_1^{\text{ожэ}})$ , почвы слабокаменистые, площадь 1217,0 м<sup>2</sup>, или 18,0 %; 3-я ЭПС —  $(P_1^{\text{он}} \cdot P_3^{\text{он}}) + (P_3^{\text{онн}} \cdot P_1^{\text{онн}} \cdot P_3^{\text{онн}})$ , почвы редко каменные, площадь 962,0 м<sup>2</sup>, или 14,3 %; 4-я ЭПС —  $(P_1^{\text{ож}} \cdot P_2^{\text{ож}} \cdot P_3^{\text{ож}})$ , почвы слабо- и среднекаменистые, занимают 844 м<sup>2</sup>, или 12,5 % площади; 5-я ЭПС —  $(P_1^{\text{ож}} \cdot D_3^{\text{проп}} \cdot B_1^{\text{тпг}} \cdot B_1^{\text{тпг}} \cdot P_6^{\text{тг}} \cdot M_к)$ , занимает 1752,0 м<sup>2</sup>, или 25,9 %. Из изложенного выше следует, что микроструктуры отличаются различным компонентным составом и неодинаковым соотношением почв, заметным варьированием в пространстве площадей ПСЭ и крайне неоднородными мощностью и морфологией профилей и, как следствие, неозначной глубиной залегания грунтовых вод, карбонатов, горизонтов оглеения и т. д. (рис. 1).

Отображение на детальной почвенной карте микро-ЭПС существенно повысило ее информативность и наглядность [24]. Появилась возможность проследить пространственные и профильные изменения свойств почв после мелиорации, рассмотреть некоторые пути эволюционного развития ЭПА, наметить дифференцированные приемы регулирования плодородия почв и т. д.

Детальная почвенная съемка показала, что на площади, составляющей 8 % территории участка после мелиорации, гумусово-аккумулятивный горизонт отсутствует, а на площади, составляющей 11 %, мощность его не превышает 10 см. Вновь образованный пахотный слой ( $A_p$ ) существенно отличается от старопахотного составом, сложением, цветом и свойствами. Визуально он представлен беспорядочным скоплением фрагментов элювиального, элювиально-иллювиального, иллювиального и в меньшей мере грубогумусного горизонтов.

По почвенным профилям наиболее сильно варьируют сложение, мощность и физико-химические свойства элювиально-иллювиальных горизонтов осваиваемых подзолистых и болотно-подзолистых почв. Разные формы микрорельефа, неоднородность литологии и верхней кровли материнских пород обуславливают своеобразие процессов современного почвообразования, особенно оглеения и оподзоливания.

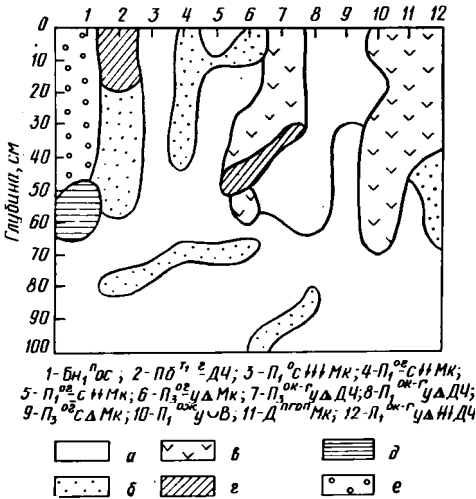


Рис. 1. Топоизоплеты значений  $H_r$  трансекты А—Б [23] в вертикальной плоскости (см. рис. 3).

Значения  $H_r$  в мэкв на 100 г: а — 0—1,0; б — 1,1—2,5; в — 2,6—5,0; г — 5,1—7,5; д — 7,6—10,0? е — 10,1—20,0.

вышениях дневной поверхности (33—46 см). По указанным направлениям происходит криогенное выклинивание из породы камней, валунчиков,

гальки, движение которых способствует разрыву генетических горизонтов и перемешиванию их субстрата. Горизонтальная направленность слоев почв, например в трансекте, в целом сохраняется, но отличается нередко неупорядоченностью залегания, разной внутривертикальной ориентацией и прерывистостью. Таким образом, морфологические особенности изучаемых почв в пределах конечно-моренного ландшафта свидетельствуют о распространении здесь простых, сложных нормальных и мозаичных профилей.

Вокруг массивов переувлажненных почв в основном формируются ЭПА со сложными и мозаичными профилями. Почвенные комбинации на этих участках отличаются наибольшей контрастностью и сложностью. Не исключено, что современное развитие почв данных территорий в определенной мере связано с периодическим оводнением и перераспределением химических соединений с миграционными потоками воды.

С. С. Неуструев, анализируя формы рельефа с целью определения их роли в почвообразовании, отмечал: «... влияние местных зональных условий, создающее в почвах зоны специфические черты, дает возможность говорить о почвенных системах, комбинациях (сочетаниях) почв данной зоны». И далее: «...понятие зональных почв поэтому заменяется понятием зональных или областных почвенных комбинаций» [15, с. 64]. Отметим, что автор еще на этапе становления географии почв как науки указывал на условность выделения форм мезо- и микрорельефа, а следовательно, и относительность проявления в пространстве границ между типами почвенных комбинаций. Термин «почвенная комбинация» впервые встречается в работе Н. М. Сибирцева [19].

Стационарные исследования показали, что в натуре нельзя провести подобную точную границу между ЭПА ни в виде линии, ни в виде плоскости. Она существует в форме своеобразного «переходного объема» (микрокатены), отличающегося максимальной пестротой морфологических признаков и физико-химических свойств почв.

В конкретных литолого-топографических условиях естественных и техногенных биогеоценозов «переходные объемы» между ЭПА (их размер, форма, характер протекающих в них современных почвообразовательных процессов и свойств) заметно варьируют. Со временем они приобретают признаки определенной почвы (вида, рода и т. д.). Не исключено, что именно здесь почвенный покров эволюционирует наиболее интенсивно.

В ходе полевых наблюдений было также установлено, что поверхность залегания почвообразующих пород крайне неровная, почти синусоидальная. Ее углубленные участки соответствуют понижениям на дневной поверхности, поднятые — микроповышениям. Подобное сопряженное сочетание форм микрорельефа местности и кровли пород обуславливает специфику проявления современных почвенных процессов (в частности, своеобразие и неодинаковые потоки миграции продуктов почвообразования). Даже в пределах одной ЭПС, включающей различные ЭПА, пространственно-профильное перераспределение химических соединений и других водорастворимых веществ, например компонентов удобрений, пестицидов, неоднородное.

Среди микро-ЭПС ключевого участка преобладают округлые, вытянутые и линейные формы, отражающие совокупное действие факторов дифференциации почвенного покрова. Индекс сложности пространственного залегания был наименьший у 5-й ЭПС (0,42), представленной микрокомплексом устойчиво переувлажненных почв, наибольший — у 2-й ЭПС (0,94), представленной эрозионно-автоморфной микропятнистостью-микромозаикой. У 3-й ЭПС индекс сложности равен 0,50, у 4-й — 0,75<sup>5</sup>. Преобладают гомогенные ЭПА, а также спорадически-

---

<sup>5</sup> Индекс сложности рассчитывается как отношение количества ПИ в ЭПС к % площади данной ЭПС.

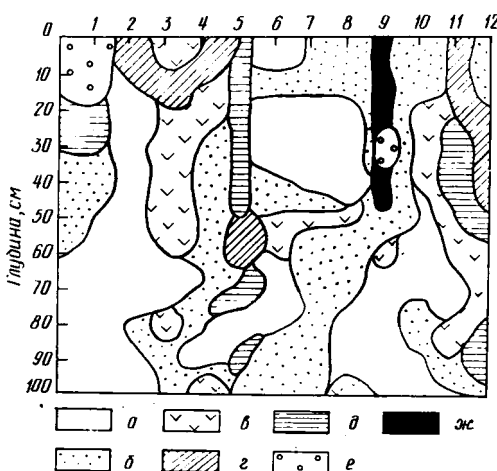


Рис. 2. Топоизоплеты значений  $K_2O$  трансекты А—Б [23] в вертикальной плоскости (см. рис. 3).

Значения  $K_2O$  в мг на 100 г: а — 0—4,0; б — 4,1—8,0; в — 8,1—12,0; г — 12,1—16,0; д — 16,1—30,0; е — 30,1—45,0; жс — 45,1—67,0. Остальные обозначения те же, что на рис. 1.

пятнистостей (чередование почв, относящихся к одному подтипу).

Размеры пятнистых микроструктур почвенного покрова колеблются от долей единицы до десятков квадратных метров. Точная фиксация всех компонентов пятнистости требует значительных затрат времени и существенно осложняет отображение ЭПС на карте.

Большое значение для идентификации СПП придается контрастности почв, входящих в ЭПС. Этот признак исследователями трактуется неоднозначно. В. М. Фридланд [22] оценивает контрастность по бонитировочным шкалам, Г. И. Григорьев [4] — по направленности процессов почвообразования. Контрастные почвенные комбинации состоят из почв разных типов или подтипов; слабоконтрастные включают разновидности одного подтипа. На исследуемом объекте преобладают слабоконтрастные структуры, относящиеся к числу локально замкнутых открытых (геохимический сток периодически уходит за пределы территории). В лесных ценозах происходят преимущественно биогенное перераспределение веществ и их аккумуляция в депрессиях. Это обуславливает динамичность и контрастность СПП, а также изменение свойств почв одного рода и вида в составе разных ЭПС, т. е. возможны неодинаковые по скорости и направленности пути эволюции компонентов ЭПС.

Компоновка ЭПА в ЭПС позволяет обнаружить не только генетическую взаимосвязь, но и взаимозависимость развития почвенных микроструктур. На фрагменте детальной почвенной карты [24] данного стационара ЭПА располагаются хаотично. ЭПС дают возможность четко выявить характер микроорганизации почвенного покрова по элементам рельефа. В частности, становится более ясной трансформация автоморфных почв подзолистого типа в процессе их эволюции. Мелиоративное освоение лесных подзолистых почв приводит к неодинаковым результатам. В таежном лесу под влиянием парцеллярного строения биогеоценоза формируются пятнистости почв ( $P_1 \cdot P_2 \cdot P_3$ ). В результате распашки устраняется действие древесной формации. Возникают другие микроструктуры почв (развитие которых обусловлено другими факторами — характером микрорельефа и своеобразием почвообразующих пород), например микро мозаики —  $P_2^{or} \times P_2^{or} \times P_3^{or}$ .

Детальные почвенные исследования выявили также четкую приуроченность песчано-супесчаных иллювиально-гумусово-железистых подзо-

пятнистые. Образование последних обусловлено наличием небольших (по площади и относительным отметкам местности) повышений, занятых иллювиально-железистыми подзолами, среди понижений (котловины, западины и т. д.) с полугидроморфными и гидроморфными почвами (дерново-глеевыми и болотными).

Рисунок микро-ЭПС создается не только формами отдельных ЭПА, но и чередованием их групп.

Для залегания ЭПА в пространстве характерна смена границ — от постепенных до резких. При изменении почвообразующих пород границы резкие, при смене элементов микрорельефа — ясные. Постепенный переход одних ЭПА в другие обычно связан с колебанием уровня грунтовых вод и свойствен главным образом для



Математические показатели пространственной организации микроструктур почв стационара

Номер групп микро-ЭПС	Площадь микро-ЭПС, % к общей	Количество ЭПА (n) в микро-ЭПС	Число предельно возможных сочетаний ЭПА из количества групп по 2*	Относительная площадь		Коэффициент (микро-ЭПС)		
				отдельного ЭПА (n)	микро-эпс (m × n)	неоднородности	дифференцированности ЭПА	организации ЭПА
1	29,3	18	153	5,27	94,86	0,62	0,71	0,87
2	18,0	16	112	2,88	46,08	0,41	0,72	0,57
3	14,3	7	21	1,00	7,00	0,33	0,86	0,38
4	12,5	9	36	1,13	10,17	0,28	0,87	0,32
5	25,9	11	55	2,85	31,35	0,57	0,74	0,77
Всего	100	61						

\*  $C_{ЭПА}^2$  рассчитывается как  $n(n-1)/2$ .

листных почв к крайкам потяжин, ложбинам и западинам с болотными и дерново-перегнойными глеевыми аналогами. Не исключено, что перенос мелкозема с повышенных, занятых почвами с двучленным сложением профиля, и его отложения по подошвам микросклонов и понижениям характеризуют начальный этап формирования данных почв. Со временем в наносе протекала аллохтонная аккумуляция органоминеральных веществ из пульсирующих грунтовых вод, верховодки и вод бокового внутрпочвенного стока. Этот пример показывает сопряженную генетическую взаимосвязь образования ЭПА в сложившейся микрокомбинации почв. В то же время профильное изучение почв, раскрывая особенности генезиса, состава и свойства (классификационно-таксономический аспект), не затрагивает и не освещает важные с позиций развития ландшафта особенности пространственного залегания ЭПА, существующие взаимосвязи в развитии ЭПА и ЭПС, их производительную способность (бонитет), направленность и скорость изменений свойств и признаков ЭПА во времени и т. д. Вследствие этого обнаруживается определенное несоответствие между имеющейся почвенно-географической информацией и уровнем ее использования, что приводит к заметному ее обесцениванию. При анализе пространственно-профильного варьирования ряда химических свойств компонентов ЭПС были выявлены следующие особенности (рис. 1 и 2, табл. 1). Наиболее резкие колебания значений гидролитической кислотности и количества обменного калия, в частности по профилю и в пространстве, наблюдаются на типовом уровне почв. Топоизоуплеты показывают сложную картину варьирования химических и физико-химических показателей как в пределах одного ПИ (следствие анизотропности), так и в масштабе ЭПС. Сопряженная с залеганием генетических слоев почв горизонтальная направленность распределения свойств отсутствует. Проследивается преобладание общего вертикального направления топоизоуплет, что косвенно подтверждает значимость явлений вертикального перераспределения веществ в ландшафтах подзоны средней тайги.

Математический анализ пространственной организации СПП рас-

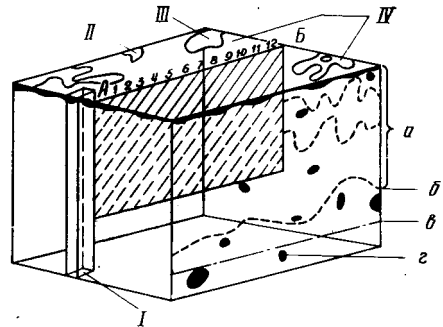


Рис. 3. Блок-схема низших уровней организации структур почвенного покрова. I — ПИ (~1—2 м<sup>2</sup>); II — ПСЭ (вывал ели); III — простой (гомогенный) ЭПА; IV — сложный неоднородный ЭПА; а — генетические горизонты почв; б — кровля породы; в — уровень грунтовых вод; з — валуны (камни).

сматриваемого объекта позволяет определить многообразные черты их внутреннего устройства, дифференцированности, взаимосвязи и организации (упорядоченности) [6, 10, 11, 20].

Одним из характерных показателей пестроты почвенного покрова является степень его раздробленности, свидетельствующая об относительных размерах ЭПА и частоте их смены на местности (табл. 2). Коэффициент раздробленности, или дифференцированности, рассчитывается как отношение средней площади каждой ЭПС к общей:

$$K_d = 1 - \frac{\bar{S}_{\text{ЭПС}}}{\Sigma S_{\text{ЭПС}}}, \quad (1)$$

где  $\bar{S}_{\text{ЭПС}}$  — средняя площадь ЭПС, м<sup>2</sup>;  $\Sigma S_{\text{ЭПС}}$  — общая площадь ключа, м<sup>2</sup>.

Почвы стационара, особенно иллювиально-железистые песчано-супесчаные роды почв и намывные аналоги, отличаются весьма сильной частотой смены в пространстве. Коэффициент дифференцированности ( $K_d$ ) оказался равным соответственно 0,86 и 0,87.

Оценка неоднородности СПП позволяет выявить не индивидуальные, а групповые (видовые) особенности организации почвенных комбинаций. Коэффициент неоднородности по каждой микро-ЭПС рассчитывали по [23] исходя из следующих величин: а) их относительной площади ( $m$ )

$$m = \frac{S_{\text{ЭПС}}(\%) \cdot n}{100}, \quad (2)$$

где  $S_{\text{ЭПС}}(\%)$  — площадь, % отдельной микро-ЭПС;  $n$  — количество компонентов ЭПА в ЭПС; б) числа сочетаний ЭПА из количества

групп по два —  $C_{\text{ЭПА}}^2 = \frac{n(n-1)}{2}$ , где  $ti$  — число ЭПА в микроструктуре; в) относительной площади ЭПС ( $m \times n$ ). На примере почв 1-й ЭПС, занимающих плоские водораздельные участки, среди которых широко представлены микро мозаики-микротягистости ( $\Pi_1^{\text{ор}} \times \Pi_2^{\text{ор}} \times \Pi_3^{\text{ор}}$ ) +  $(\Pi_1^{\circ} \cdot \Pi_2^{\circ} \cdot \Pi_3^{\circ})$ , рассмотрим нахождение коэффициента неоднородности СПП. Относительная площадь ЭПС  $m = \frac{29,3 \cdot 18}{100} = 5,27$ . Число воз-

можных сочетаний ЭПА из количества групп по 2  $C_{\text{ЭПА}}^2 = \frac{18 \cdot 17}{2} = 153$ ,

относительная площадь ЭПС составляет  $5,27 \times 18 = 94,86$ . Отсюда вычисляем коэффициент неоднородности (показатель как степени сложности набора ЭПА, так и характера соотношения площадей ЭПА в

указанной ЭПС)  $K_n = \frac{94,86}{153} = 0,62$ . Коэффициент неоднородности заметно выше у ЭПС, занимающих большую площадь и имеющих большее число ЭПА (хотя последнее свойство организации СПП на ключе не всегда закономерно: у 2-й ЭПС 16 ЭПА, а  $K_n = 0,41$ , у 5-й ЭПС лишь 11 ЭПА, а  $K_n = 0,57$ ).

Хотя раздробленность и неоднородность — важные показатели СПП, ими не исчерпывается специфика организации почвенных структур. Оба показателя обуславливают главным образом состав почвенных структур. Важно иметь представление о взаимосвязях ЭПА, их структурной организации и т. д. Свойство организации почвенного покрова может расцениваться как важный самостоятельный критерий целостности СПП. Его можно рассчитать на основании коэффициентов неоднородности и дифференцированности. Он будет отражать отношение фактической неоднородности почвенного покрова к максимально возможной, т. е. характеризовать организацию ЭПА в структуре почвенного покрова. Коэффициент организации ( $K_o$ ) СПП вычисляли по формуле

$$K_o = 1 - \frac{K_n}{K_d}, \quad (3)$$

где  $K_n$  — коэффициент неоднородности;  $K_o$  — коэффициент дифференцированности почвенного покрова конкретной ЭПС (рис. 3).

Степень организации почвенного покрова наиболее высокая в 1-й и 5-й ЭПС —  $K_o$  равен соответственно 0,87 и 0,77. По-видимому, эта упорядоченность свойственна ЭПА обеих ЭПС из-за наличия в их составе почв временного и устойчивого избыточного увлажнения. Следовательно, можно допустить, что в процессах современной дифференциации и компоновки почвенных микроструктур определенная (и важная) роль принадлежит явлениям массопереноса веществ и сезонного избыточного увлажнения.

Между  $K_o$  и  $K_n$  почвенного покрова ЭПС установлена тесная значимая обратная прямолинейная связь. Коэффициент корреляции ( $r$ ) равен — 0,89; при доверительном уровне 95 % его предельное табличное значение оказалось меньше (—0,88).

Балл бонитета почв ЭПА в пределах микро-ЭПС (табл. 2) изменяется весьма существенно: от 7—11 у эродированных осваиваемых подзолистых типичных почв до 20—24 у осушаемых низинных торфяно-перегнойных глеевых. Средний балл бонитета почв всего участка, по данным крупномасштабной почвенной съемки, составил для силосных культур (горох, овес, подсолнечник) и многолетних трав 18—22 (разрез был заложен на осваиваемых слабоподзолистых среднесуглинистых почвах).

Таким образом, с помощью детальной почвенной съемки на ключевом участке были диагностированы в основном автоморфно-полугидроморфно-эрозионные микрокомбинации почв, формирование и эволюция которых связаны с тополитогенным генезисом территории Коношско-Няндомской моренной возвышенности Русской равнины. Результаты исследований позволили установить высокую пестроту пространственного варьирования почв, их признаков и свойств. В настоящее время производительная способность комбинаций почв вновь мелиорированного массива крайне низкая прежде всего из-за исходной неоднородности СПП.

Потребуется длительный период интенсивного окультуривания почв всего массива «Егрома», прежде чем осваиваемые комбинации почв приобретут особенности старопахотных земель, а процессы почвообразования трансформируются из преимущественно элювиальных в элювиально-аккумулятивные.

Чтобы получить полное представление о генезисе конкретной почвы ЭПА, современной направленности ведущих процессов почвообразования, эволюции почв, а также эффективно регулировать почвенное плодородие, необходимо располагать данными о всей почвенной комбинации конкретной геоморфологической территории. Причем признаки и свойства каждого компонента комбинации будут отражать специфические стороны процессов, которые вряд ли повторятся в будущем и которые для комбинации почв в целом, очевидно, нельзя предсказать с достаточно большой точностью. Последнее обстоятельство обусловлено тем, что развитие почв подчинено закономерным и случайным явлениям. Их соотношение изменчиво во времени по горизонтальной и вертикальной составляющим почвенного покрова.

Высокая генетическая информативность материалов детального картографирования почв и результаты сопутствующих стационарных наблюдений в определенной мере позволяют решить названные выше проблемы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Большаков В. А., Дмитриев Е. А., Иванов Д. Н., Фридрих В. М. О точности почвенных и агрохимических исследований. — Почвоведение, 1973, № 8, с. 39—52. — 2. Воронин А. Д. К проблеме теоретического анализа и синтеза в науке о почве. — В сб.: История и методол. естеств. наук. М.: Изд-во МГУ, 1980, вып. 24, с. 24—31. — 3. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. — М.: Наука, 1969. — 4. Г р и г о р ь е в Г. И. Элементарная структура почвенного покрова. — Бюл. Почв.

ин-та им. В. В. Докучаева, 1975, вып. 8, с. 6—16. — 5. Доспехов Б. А., Мазурина В. А. Варьирование агрохимических свойств дерново-подзолистых почв и методика отбора почвенных проб в полевом опыте. — *Агрохимия*, 1970, № 1, с. 86—94. — 6. Дмитриев Е. А., Самсонова В. П., Рожков В. А. Об использовании теории случайных функций при изучении почвенного покрова. — *Вестник МГУ, сер. биол. и почвов.*, 1974, VI, № 3, с. 43—53. — 7. Захаров С. А. К вопросу о значении микро- и макрорельефа в подзолистой области. — *Почвоведение*, 1910, № 4, с. 339—366. — 8. Карпачевский Л. О. Пестрота почвенного покрова в лесном биогеоценозе. — М.: Изд-во МГУ, 1977. — 9. Кауричев И. С., Орлов Д. С. Окислительно-восстановительные процессы и их роль в генезисе и плодородии почв. — М.: Колос, 1982. — 10. Козловский Ф. И., Сорокина Н. П. Проблема почвенного индивидуума в связи с детальным изучением почвенного покрова. — *Сб. Бюл. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева*, 1968, вып. 2, с. 25—36. — 11. Козловский Ф. П., Роде А. А. Выбор участков для стационарных исследований, их первичное изучение и организация наблюдений, на них. — В кн.: *Принципы организации и методы стационарного изучения почв*. М.: Наука, 1976, т. 1, с. 62—94. — 12. Корнблюм Э. А. Основные уровни морфологической организации почвенной массы. — *Почвоведение*, 1975, № 9, с. 36—48. — 13. Лыков А. М., Черников В. А. Органическое вещество как фактор эффективного плодородия почвы. — *Сельск. хоз-во за рубежом*, 1978, № 9, с. 2—5. — 14. Маландин Г. А.

Почвенные комплексы и их сельскохозяйственное значение. Пермь, 1934. —

15. Неуструев С. С. О почвенных комбинациях равнинных и горных стран. — *Почвоведение*, 1915, № 1, с. 62—73. — 16. Польшов Б. Б. Учение о ландшафтах. — *Избр. тр.* М.: Изд-во АН СССР, 1956, с. 492—511. — 17. Прасолов Л. И. Генезис, география и картография почв. — М.: Наука, 1978. — 18. Симакова М. С., Жирова О. Н. Типизация почвенных микрокомбинаций на покровных суглинках лесной зоны и методы их картографирования при крупномасштабной почвенной съемке. — *Почвоведение*, 1980, № 3, с. 88—101. — 19. Сибирцев Н. М. Почвоведение. — *Избр. соч.* М.: Сельхозгиз, 1951, т. 1; 1953; т. 2. — 20. Строганова М. Н., Шобас А., Бондарь В. И. Разнокачественность оподзоленных горизонтов и ее связь со структурой почвенного покрова южной тайги. — В сб.: *Структура почвенного покрова и использование почвенных ресурсов*. М.: Наука, 1978, с. 131—136. — 21. Федоровский Д. В. Методы изучения микропестроты почв. — М.: Наука, 1978. — 22. Фридланд В. М. Классификация структур почвенного покрова. — В сб.: *Проблемы почвоведения. Советские почв.* к XII Межд. конгр. почв. М.: Наука, 1982, с. 99—102. — 23. Юренков Г. И. Основные проблемы физической географии и ландшафтоведения. — М.: Высшая школа, 1982. — 24. Яшин И. М., Кашенко В. С., Платонов И. Г. и др. К характеристике почвенного покрова Архангельской области. — *Изв. ТСХА*, 1986, вып. 1, с. 101—109.

*Статья поступила 20 мая 1986 г.*

## SUMMARY

Heterogeneity of the soil cover was studied by means of large-scale and detailed soil survey, as well as by additional stationary research.

By means of putting full-profile sections into network of 10X10 m squares, the newly reclaimed watershed cultivated area (0.7 ha) of the collective farm "Voskhod" (Arkhangelsk region) was approved by 107 profiles with the depth of 1.2—1.7 m and by specific biggings.

Under conditions of dynamic moraine relief of Konoshsko-Nyandomsky hills, it was possible to find out some specific features of genesis and topography of taiga-forest soils at the lowest level of their space arrangement. A complex estimation of elementary soil structures (micro-ESS) is given. Due to heterogeneity of ESS, the problem of soil testing is considered.

Characteristics and properties of soil combinations sharply different by profiles and in the space are found in the reclaimed area; especially low (after complex reclamation) soil productivity is observed.