

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА СССР

МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА

НАУЧНЫЕ ТРУДЫ
НЕОДНОРОДНОСТЬ И ИЗМЕНЧИВОСТЬ СВОЙСТВ ПОЧВ

Москва 1984

В сборнике представлены статьи по неоднородности и изменчивости свойств почв и почвенного покрова на уровне ландшафтов, а также по применению понятий о неоднородности почвенного покрова для проектирования на них инженерных мелиоративных мероприятий. Уделено внимание проблеме получения сведений о неоднородности почв, планировании опробования.

Обсуждаются вопросы оценки ландшафтов, их оптимального использования в сельскохозяйственном производстве, в том числе при землеустроительном проектировании. Впервые рассмотрены вопросы неоднородности систем "почва - мелиоративное мероприятие".

Научные труды

Подготовлено редакционно-издательским отделом

Редактор Н.А.Авагимова

Московский ордена Трудового Красного Знамени институт инженеров землеустройства, 1984 г.

Подписано к печати 27.09.84: Л- 78308 Тираж 500 экз. Заказ 363
БКИМ Статуправления Московской области

НЕОДНОРОДНОСТЬ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ И ВОПРОСЫ ИХ ОПРОБОВАНИЯ

Одной из содержательных прикладных задач, вытекающей из исследования пространственной неоднородности почвы, является рациональное планирование ее опробования в инженерных целях, например, для назначения и проектирования мелиоративных мероприятий. Этот вопрос пока что разработан явно недостаточно, несмотря на то, что пространственная неоднородность свойств почв была известна еще в прошлом веке.

Существенный вклад в "математизацию" почвенных исследований внесли советские почвоведы - Л.О.Карпачевский, Е.А.Дмитриев, Н.С.Орешкина, В.М.Фридланд, И.Р.Ильин и мелиораторы - А.А.Богушевский, В.В.Шабанов и многие другие. Ими было разрешено множество частных вопросов - установлены законы распределения отдельных свойств, выявлены коэффициенты их вариации, подсчитано необходимое количество определений и т.д.

Тем не менее, применение математических методов в обработке материалов почвенно-мелиоративных изысканий (или почвенных изысканий при инженерно-мелиоративных исследованиях) до сих пор наталкивается на ряд трудностей, из которых для рассматриваемого круга вопросов особенно важны две.

Первая из них связана с недостаточным уровнем математизации почвоведения как дисциплины, формальной некорректностью многих используемых в ней определений. На практике это означает недостаточную формализованность понятий и терминов почвоведения, недостаточное развитие "инженерного почвоведения".

Вторая трудность вытекает из прикладного характера почвенно-мелиоративных изысканий и исследований, целью которых является оценка природных условий применительно к проектированию мелиоративных мероприятий. Используемый в инженерных расчетах математический аппарат не приспособлен для ведения вычислений непосредственно по описаниям природных условий, отражающих, в частности, стохастическую неоднородность свойств, информация о которых имеется лишь в отдельных точках объекта. Для существующих расчетных схем мелиоративных мероприятий (дренажа, полива и

т.д.) используют, как правило, кусочно-однородные модели с небольшим числом границ раздела простейших геометрических форм. Поэтому описания объектов, представленные в традиционном виде, приходится преобразовывать в инженерные модели, допускающие проведение расчетов. При этом все многообразие природных условий "втискивается" в узкие рамки ограниченного числа расчетных схем. Поскольку эта мера была вызвана отсутствием решений, учитывающих статистическое распределение свойств в пространстве и характера информации о нем, то нельзя было ни оценить точность получаемых по инженерным расчетам прогнозов, ни построить формальные процедуры схематизации.

Преодолению этих трудностей и должна способствовать методика опробования почв для мелиоративного строительства, которая призвана заменить изложенную в действующем понине "Руководстве" / 18 /.

Есть два отличающихся друг от друга пути исследования почвенного массива. Первый из них заключается в конструировании пространственно-временной его модели. Как представляется автору здесь должны быть совместно учтены колебания моментов распределения свойств почвы в пространстве и времени (иначе, как показано в /10/, свойства почвы не могут быть выражены). В этой связи, аналогично тому, как это делается в инженерной геологии /20/, где изменение системы (опробуемого массива) происходит лишь в геологическое время и она, по существу, является стационарной, мы вынуждены и почвенный массив считать за систему со стационарной пространственной неоднородностью. Это, собственно, подразумевается многочисленными авторами, занимающимися исследованием варьирования свойств почв.

В соответствии с требованиями /18/, должна приниматься трехкратная повторность определений в одной так называемой водно-физической точке. Учитывая, что каждый почвенно-мелиоративный район (именуемый в настоящей статье почвенным массивом) должен, в соответствии с "Руководством", характеризоваться тремя опытными точками, число изменений каждой характеристики будет порядка девяти.

Почвенный массив как таковой выделяют в процессе почвенной съемки. Традиционные методы выделения массива (мелиоратив-

ного района) представляются в общем надежными. Но исследования физических и водно-физических свойств почв в пределах массива, являющегося однородным в статистическом смысле (все возможные результаты экспериментальных определений свойств почв располагаются в пределах одной генеральной совокупности), для преодоления указанных выше трудностей при проектировании должны проводиться более тщательно, чем это регламентировано "Руководством".

Для учета реальной неоднородности водно-физических свойств почв при оценке их расчетных значений на практике используются следующие модели: 1) модель зависимых или независимых между собой случайных величин; 2) градиентная модель (изменение свойств в данном направлении представляется как детерминированная функция координат пространства, например, увеличение объемной массы почвы с глубиной); 3) модель случайной функции, на современном этапе служащая вспомогательной (в частности, дает возможность выбора типа модели по пп. 1 и 2).

Выбор модели необходимо производить с учетом особенностей строения исследуемой почвы и проектируемых мероприятий, степени различия вариабельности исследуемых свойств и т.п. При этом усложнение модели следует ставить в соответствие с технической (реже - экономической) целесообразностью, а также учитывать разработанность инженерных методов, базирующихся на этих моделях.

Задача учета пространственного колебания свойств почвы разбивается на следующие этапы.

1. Выявление трендов и оконтуривание статистически однородного массива.
2. Установление закона распределения изучаемого свойства.
3. Установление необходимого количества определений n .
4. Учет масштабных эффектов и шага опробования и соответственно корректировка величины n .

Рассмотрим последовательно эти процедуры и их взаимосвязь.

Выделение трендов на почвенной карте не представляет затруднений, почвенные исследования традиционно направлены на эту процедуру. В настоящей статье эти вопросы не рассматриваются. Перейдем сразу к следующим этапам.

Ранее /10/ нами были обобщены сведения о законах распределения различных свойств почв на разных уровнях неоднородности.

В целом, работы, появившиеся в течение последних 4-5 лет, подтверждают сведения, содержащиеся в табл.2 статьи /10/.

Н.С.Орешкиной /19/ в ряде случаев получена отрицательная асимметрия для распределения объемной влажности $W_{об}$. И это - несмотря на то, что отрицательно асимметричное распределение встречается в природе значительно реже нормального или положительно асимметричного. При анализе распределения объемной влажности в наших экспериментах отрицательной асимметрии получено не было. Автор, не ставя целью подвергнуть результаты Н.С.Орешкиной какому-либо сомнению, склонен все же считать, что отрицательно асимметричное распределение может быть получено лишь для узкого диапазона значений и при сильном увлажнении почвы. Обычный вид распределения $W_{об}$ - нормальное распределение или весьма близкое к нему. Не будет, по-видимому, существенной погрешности при использовании этого распределения для дальнейших расчетов.

В подавляющем большинстве работ подтверждаются соображения о том, что при полевых определениях коэффициента фильтрации K_{ϕ} должны быть получены логарифмически нормальные кривые распределения.

В дополнение к табл.2 статьи /10/ приведем законы распределения еще некоторых свойств почв в пространстве (табл.1).

Т а б л и ц а I
Тип распределения в пространстве
некоторых свойств почв

Свойство	Закон распределения *)	Автор
Объемная влажность	Н	/11/
Сопротивление сдвигу	Н	/3/
Механический состав	Н	/23/
Твердость	Н	/23/
Максимальная гигроскопичность	ЛН	/23/
Коэффициент влагопроводности	ЛН	/16/

*) Н - нормальный закон распределения;

ЛН - логарифмически нормальный закон распределения.

В соответствии с априорным заключением М.В.Раца /20/, согласно центральной предельной теореме величины K_{ϕ} при $n \rightarrow \infty$

должны быть распределены нормально. Тем не менее, в огромном количестве экспериментов был получен логарифмически нормальный закон распределения K_{ϕ} . По всей видимости, струйный характер движения, не учитываемый классической теорией фильтрации, делает неприменимыми условия центральной предельной теоремы.

В табл.2 приведены (по данным ряда авторов) типовые величины коэффициентов вариации C_v основных водно-физических свойств почв. В таблице дифференциации почвы подвергнуты лишь по варьированию коэффициентов фильтрации K_{ϕ} . Коэффициенты вариации C_v других свойств почв мало различаются между собой.

Т а б л и ц а 2
Коэффициенты вариации основных
водно-физических свойств почв*)

Свойство	C_v	Автор
Коэффициент фильтрации		
глинистые почвы	0,8-0,9	/7/
суглинки	0,65-0,75	/7/
пески	0,3-0,5	/7/
торфяные почвы	0,5-1,0	/11/
Пористость	0,07-0,15	/7/
Объемная масса	0,1-0,3	/4/, /23/
Удельная масса	0,01-0,04	/23/
Влажность (объемная или весовая)	0,1-0,3	/11/, /23/
Максимальная гигроскопичность	0,1-0,35	/23/, /22/

*) Данные таблицы не противоречат результатам, полученным многими советскими учеными, из которых упомянем в первую очередь М.В.Раца, С.Н.Чернышева, Е.А.Дмитриева, И.Д.Давлетшина и др., а также зарубежных - Штоска, Дерфеля, Биггара и многих других.

Таким образом, вряд ли целесообразно использовать предложение А.И.Голованова о том, что предварительные изыскания на ключевых участках следует планировать по $C_v = 1,0$. Это предложение для большинства свойств приведет к неоправданному завышению требуемого количества проб (табл.3, 4).

Так, планирование опробования почвы на удельную массу должно производиться по $C_v = 0,05$, на объемную массу γ и влаж-

ность W по $C_v = 0,4$, на пористость - по $C_v = 0,2$ и т.д. И только фильтрационное опробование должно планироваться по $C_v = 1,0$ или даже (для торфяных почв) по $C_v = 1,1-1,2$.

Если же коэффициент вариации какого-либо свойства почвы выйдет за пределы, указанные в табл.2, то для обеспечения необходимой точности и надежности результирующей оценки надо дополнить количество пунктов опробования до требуемого, чтобы обеспечить нужную точность определения C_v . Такая процедура опробования называется многошаговой.

Для отнесения распределения к нормальному или логарифмически нормальному^{*)}, эмпирическую выборку наносят на клетчатку вероятности Хазена и проверяют при помощи критериев согласия χ^2 Пирсона или λ А.Н.Колмогорова той или иной модели. Эффективной оценкой нормально распределенной величины является, как правило, среднее арифметическое, а для логарифмически нормальной - наиболее правдоподобная a_x :

$$a_x = 10 \overline{\lg x} \psi_n(2,65 S^2 \lg x), \quad (I)$$

где $\overline{\lg x}$ - среднее значение логарифма свойства x ;

$S^2 \lg x$ - статистическая оценка дисперсии логарифма свойства x .

Последняя величина находится по обычной формуле:

$$S^2 \lg x = \frac{1}{n-1} (\lg x_i - \overline{\lg x})^2, \quad (2)$$

где n - число определений свойства x ;

x_i - результат индивидуального определения.

Функция $\psi_n(t')$, имеющая вид

$$\psi_n(t') = e^{t'} \left\{ 1 - \frac{t'(t'+1)}{n} + \frac{(t')^2 [3(t')^2 + 22t' + 21]}{6n^2} \right\} + O\left(\frac{1}{n^3}\right), \quad (3)$$

табулирована Ачсоном и Брауном, в русском переводе формулы для оценок логарифмически нормального распределения и таблицу $\psi_n(t')$ можно найти в [12].

Ошибки эффективных оценок $\pm \epsilon$ могут быть вычислены по

*) Некоторыми авторами (например, [4]) использовались и другие функции распределения, но их преимущества перед нормальной и логарифмически нормальной моделями неясны.

формулам для нормально распределенной величины

$$|\epsilon| = \frac{z C_v}{\sqrt{n}}, \quad (4)$$

а для логарифмически нормальной

$$|\epsilon| = z \frac{2,3 \alpha_x \sqrt{\lg x}}{\sqrt{n}} (1 + 2,65 \sigma^2 \lg x)^{1/2}, \quad (5)$$

где z - коэффициент, соответствующий заданной надежности P . При $z = 1$ величина $P = 0,68$; при $z = 1,96$ - $P = 0,95$; при $z = 2,70$ - $P = 0,997$ (P - вероятность того, что истинное значение эффективной оценки находится в интервале от $a_{x-\epsilon}$ до $a_{x+\epsilon}$); $\sigma^2 \lg x$ - стандартное отклонение $\lg x$. Его статистической оценкой является $S^2 \lg x$.

Формулы (4) и (5) могут служить для нахождения ошибки единичного измерения, в них нужно лишь подставить $n = 1$.

Нахождение оценок логарифмически нормального распределения столь подробно рассмотрено здесь по следующей причине. Очень часто в работах почвоведов и мелиораторов (например, /5/) логарифмически нормальное распределение обрабатывается так: члены ряда x логарифмируют (распределение $\lg x$ становится нормальным), затем находят среднее арифметическое $\lg x$, антилогарифм которого и является якобы эффективной оценкой. Если при этом найти коэффициент вариации логарифмированного ряда $C_v \lg x$, то он, естественно, окажется меньше $C_v x$. А так как формулы, вытекающие из (4), (5) и дающие возможность проектировать опробование, точнее, назначать необходимое количество проб для получения заданной ошибки ϵ , прямо пропорциональны квадрату коэффициента вариации для дисперсии, а именно (для нормального распределения)

$$n_n = \left(z \frac{C_v}{\epsilon} \right)^2, \quad (6)$$

то величина n для логарифмически нормального распределения оказывается меньше, чем для нормального /5/ (1)

В самом же деле для логарифмически нормально распределенной величины x , очевидно, будем иметь

$$n_{\text{лн}} = \left(z \frac{2,3 \alpha_x \sigma \lg x}{\epsilon} \right)^2 (1 + 2,65 \sigma^2 \lg x). \quad (7)$$

В подавляющем большинстве встречающихся на практике случаев

$$(2,3 \alpha_x b_{\epsilon x})^2 (1 + 2,65 b_{\epsilon x}^2) > C_v, \quad (8)$$

поэтому

$$n_{\text{дн}} > n_{\text{н}}. \quad (9)$$

В подтверждение неравенств (8) и (9) приведем сначала табл.3, в которой дано необходимое количество определений для надежности $P=0,68$ и $P=0,95$.

Т а б л и ц а 3

Необходимое количество определений логарифмически нормально распределенной величины $n_{\text{дн}}$ для получения оценки среднего $\bar{c}$ заданной точностью

$b_{\epsilon x}$	$\epsilon = 0,05 \alpha_x$		$\epsilon = 0,10 \alpha_x$		$\epsilon = 0,25 \alpha_x$	
	$P=0,68$	$P=0,95$	$P=0,68$	$P=0,95$	$P=0,68$	$P=0,95$
0,1	20	82	5	20	1	3
0,2	93	371	23	93	4	15
0,3	234	952	60	238	10	38
0,4	484	1938	121	484	19	78
0,5	876	3506	219	876	35	140
0,6	1482	5928	370	1482	59	237
0,7	-	-	594	2379	95	380
0,8	-	-	883	3532	141	565
0,9	-	-	1344	5376	215	860
1,0	-	-	-	-	308	1234
1,2	-	-	-	-	586	2346
1,5	-	-	-	-	1323	5293

Из таблицы видно, что "укладываясь" в 50-100 определений, мы в лучшем случае при небольших дисперсиях ($b_{\epsilon x} \leq 0,4$) имеем $\epsilon = 0,10$ при $P=0,68$ или $\epsilon = 0,25$ при $P=0,95$.

В табл.4 даны величины $n_{\text{н}}$ для различных коэффициентов вариации C_v .

Т а б л и ц а 4

Необходимое количество определений нормально распределенной величины n , для получения оценок среднего с заданной точностью

C_v	$\varepsilon = 0,05\bar{x}$		$\varepsilon = 0,10\bar{x}$		$\varepsilon = 0,25\bar{x}$	
	$P=0,68$	$P=0,95$	$P=0,68$	$P=0,95$	$P=0,68$	$P=0,95$
0,05	1	1	1	1	1	1
0,1	4	14	1	4	1	1
0,2	16	54	4	16	1	3
0,3	36	121	9	35	1	6
0,4	64	214	16	62	3	10
0,5	100	336	25	96	4	16
0,6	144	482	36	138	6	22
0,7	196	656	49	188	8	30
0,8	256	858	64	246	10	40
0,9	324	1084	81	310	13	55
1,0	400	1340	100	384	16	62
1,2	586	1928	144	552	23	83
1,5	900	3016	225	965	36	136

Из таблицы видно, что при нормальном распределении для получения такой же относительной ошибки ε при той же надежности необходимое количество проб существенно меньше, чем при логарифмически нормальном. Если сопоставить данные табл.4 с величинами, приведенными в табл.2, становится ясно, что для достаточно надежного определения средней величины удельной массы α ($C_v \leq 0,05$) практически всегда хватает одной пробы. Пористость n ($C_v \approx 0,10$) может быть определена с $\varepsilon=0,05$ и $P=0,95$ при помощи 14 проб, а с точностью $\varepsilon=0,10$ $P=0,95$ - всего лишь 4 пробами.

Для определения объемной массы γ или влажности W ($C_v = 0,2$) с $\varepsilon=0,05\bar{x}$ и $P=0,95$ нужно уже 54 пробы. Все эти величины, в сущности, легко определить с любой требуемой точностью.

Сложнее обстоит дело с коэффициентами фильтрации K_f , распределенными логарифмически нормально и имеющими довольно боль-

шую вариабельность в пространстве (табл.2). Исключая пески, средний коэффициент вариации K_{ϕ} составляет 0,7-0,8, и если мы делаем, например, 50 измерений, то в лучшем случае можем иметь $\epsilon = 0,4-0,5 K_{\phi}$ при $P=0,68$. Таким образом, наименее точно при почвенно-мелиоративных изысканиях мы определяем наиболее существенную характеристику, от которой в значительной мере зависят проектируемые мелиоративные мероприятия.

Кстати, даже не является очевидным, какую именно оценку K_{ϕ} следует принимать в качестве расчетной. В формировании фильтрационного потока, по-видимому, блоки (кусочно-однородной модели) с низкой водопроницаемостью вносят больший вклад, чем блоки с высокой водопроницаемостью. Это навело А.А.Богусhevского и других на мысль брать за расчетный K_{ϕ} с 75-процентной вероятностью превышения. Количество пунктов опробования отнюдь не должно быть ниже указанного в табл.3.

Это обстоятельство, понимаемое скорее интуитивно, побудило, однако, многих исследователей искать корреляционные связи между коэффициентом фильтрации и другими, более надежно определяемыми свойствами почв. Так, наблюдается возврат к зависимостям типа предложенных Козени, Цункером, Хазеном и другими в двадцатые-тридцатые годы. В качестве аргумента вводятся (кроме гранулометрического состава) плотность или давление уплотнения /3/, порозность аэрации или объемная масса при естественной влажности /13/, объем сухого вещества /27/. Эти аргументы относительно слабо варьируют по площади (табл.2) и определяются с заданной точностью и надежностью при помощи разумного количества определений (табл.4). Следует, однако, помнить, что они в большинстве измеряются на уровне неоднородности 3, что во всех случаях менее желательно, чем полевые определения в скважинах (уровень 2). Во всяком случае нужно иметь в виду, что коэффициент фильтрации, в силу характера его распределения в пространстве, наиболее трудно измеряемая характеристика почвы при инженерно-мелиоративных исследованиях.

В свое время В.В.Шабанов /26/ предложил использовать для определения необходимого количества измерений n зависимость, вытекающую из неравенства Чебышева

$$n = \frac{\sigma^2}{\Delta^2(1-\beta)}, \quad (10)$$

где β - дисперсия искомой величины $A = \bar{x} - m\bar{x}$ - максимально допустимое значение абсолютной ошибки ($\bar{x}$ - средняя величина, $m\bar{x}$ - математическое ожидание, β - надежность).

Формула /12/ должна использоваться в случаях, когда закон распределения величины x заранее не известен. То обстоятельство, что эта методика не нашла последователей, объясняется двумя причинами. Во-первых, величина n получается слишком большой. Во-вторых, законы распределения свойств почв в пространстве, как следует из предыдущего, хотя бы на уровне отнесения к нормальному или логарифмически нормальному распределению, в общем установлены.

При планировании опробования нужно также учитывать масштабные эффекты /10,20/, по крайней мере 1-го и 2-го рода, особенно последний, так как его величина непосредственно связана с необходимым количеством "проб".

С изменением области воздействия эксперимента в общем случае могут меняться все моменты распределения. М.В.Рац /20/ называл масштабным эффектом 1-го рода изменение среднего значения исследуемого признака, 2-го рода - изменение дисперсии или коэффициента вариации, 3-го рода - степени асимметрии и т.д.

Масштабный эффект 1-го рода имеет место не всегда. Он, по-видимому, будет различен для интегральных характеристик (плотность, влажность и т.д.) и для свойств, зависящих от "слабого звена в цепи", например, коэффициента фильтрации (как ни странно, именно этот раздел наименее изучен). В ряде случаев, однако, удастся обнаружить масштабный эффект 1-го рода и для интегральных характеристик.

В условиях аддитивности - независимости - равноправности по М.В.Рацу /20/ имеют место следующие ситуации: а) распределение свойств подчиняется нормальному закону; б) при изменении области воздействия эксперимента (размеров "проб") отсутствуют масштабные эффекты 1-го и 3-го рода; масштабный эффект 2-го рода описывается правилом $\sqrt{n}$.

Это последнее правило /10,20/, как показали дальнейшие экспериментальные исследования, оправдывается далеко не всегда. А.С.Смирнов /24/, рассматривавший отдельно "объективную" и "на-

обладаемую" неоднородность, пришел к более сложному типу зависимости. И действительно, если точность измерений соизмерима с "объективной" (т.е. имеющей место в действительности) неоднородностью, то, как применительно к задачам инженерной геологии показали Б.М.Ребрик и С.Н.Чернышев /21/, будем иметь

$$D = D_0 + D_n \text{ или } C_v = C_{v_0} + C_{v_n}, \quad (II)$$

где D - суммарная дисперсия (соответственно C_v - суммарный коэффициент вариации), характеризующая "наблюдаемую" неоднородность, D_0 (C_{v_0}) соответственно характеризуют "объективную" неоднородность и D_n (C_{v_n}) - точность измерений.

В измерениях физических свойств почв таких, как α , γ , W , $W_{0.5}$ (не считая может быть K_f /12/) D_n и $C_{v_n} \rightarrow 0$ (практически это точность взвешивания). Поэтому вариабельность, получаемая в опыте, $C_v \rightarrow C_{v_0}$. С учетом сказанного, покажем, как реализуется масштабный эффект 2-го рода в различных почвах. Для этой цели представим производную коэффициента вариации C_v по объему проб V следующим образом:

$$\frac{dC_v}{dV} = - \frac{\mu}{V}, \quad (I2)$$

где μ - постоянная, зависящая от свойств почвы.

Так как в почвенном массиве всегда можно представить себе "пробу" V_* , включающую все элементы эффективной неоднородности, которая полностью характеризовала бы весь массив (при этом достаточно отобрать одну такую "пробу" и C_v будет равен 0), то условия решения уравнения (I2) запишутся в виде

$$C_v = 0 \text{ при } V = V_*, \quad (I3)$$

тогда

$$C_v = \mu \ln \frac{V_*}{V}. \quad (I4)$$

Имея серии проб с разными V , нетрудно при помощи уравнения (I4) определить коэффициенты μ и V_* , характеризующие неоднородность данной почвы. Таким образом, можно рассчитать количество пунктов опробования при любом объеме "пробы".

Наиболее сложным остается вопрос о требуемой точности и надежности измерений эффективных оценок физических и водно-физических свойств почв для проектирования мелиоративных мероприятий. Большинство авторов (например /8,9,28,29/) без каких-либо разъяснений принимает $\varepsilon = 0,05-0,10$ при $P=90-95\%$. Это достаточно высокая точность и надежность, однако нужна она далеко не всегда. Как известно /12/, результаты полевых исследований используются в трех существенно различающихся аспектах.

1. Требуется определить нормативное значение показателя. Это означает, что определенную величину при проектировании нужно отнести к какому-то (обычно, довольно широкому) интервалу. Например, если несущая способность верхового торфяника характеризуется величиной в пределах $\tau = 18-25$ кПа, то проектируют выполнение каналов экскаватором без дополнительных мероприятий; если пределы изменения τ составляют 18-8 кПа, то экскаватор ставят на слани (это предусматривают в проекте), а при $\tau < 8$ кПа мелиоративные работы следует проектировать на зимнее время. 2. Требуется определить гарантированное (обеспеченное) значение показателя. В этом случае необходимо подсчитать такие предельные значения измеряемого показателя, выше (или ниже) которых допускаются любые величины. Например, при изысканиях для водоснабжения должны быть найдены нижние пределы гарантированных величин коэффициента фильтрации K_{ϕ} , то есть получена гарантия, что результирующая оценка водопроницаемости массива в 95,99 и т.д. процентах случаев не ниже найденной. И наоборот, для проектирования водоотлива из котлована, галлерей и т.п.) должны быть найдены гарантированные значения верхнего предела $K_{\phi}(0,1; 1,2$ и т.д. процентов вероятности превышения), на основании которых рассчитывают необходимую производительность водоотливного оборудования. 3. Средние (эффективные) оценки показателей (повторяем, пока нет данных, какая именно точность требуется) необходимы в случаях, когда результаты дальнейших расчетов функционально зависят от искомой величины. Это, например, коэффициент фильтрации K_{ϕ} при расчетах дренажа, влажность W - как аргумент коэффициента влагопроводности $K(W)$ и т.д.

Пожалуй, только А.И. Голованов /6/ попытался оценить необходимую точность определения K_{ϕ} для дальнейших расчетов и прогнозов уровня грунтовых вод в междуречьях, другие работы на эту

тему автору неизвестны. Вопрос этот, таким образом, практически не исследован.

При планировании опробования почв нужно также иметь в виду следующее.

1. По-видимому, общим свойством почвенных массивов является увеличение неоднородности с ростом опробуемой площади /25/ или шага опробования. Экспериментальные данные на эту тему приведены, в частности, в /11/ и в других работах. Среди них диссонансом звучит лишь работа В.И.Косова /15/, где достаточной площадью для опробования массива считается 20 м^2 *).

2. При планировании опробования на ранее исследовавшихся почвах необходимо учитывать антропогенное воздействие на почву, как правило, снижающее неоднородность /2/. Однако это изменение зависит и от характера воздействия: например, на выпасе скота C_v удельной и объемной массы оказалась больше, чем на сенокосе.

Все больший интерес в последние годы проявляется к корреляции между свойствами почв. Разрабатываются программы корреляционно-регрессионного анализа /1/, изучаются отдельные почвенные разности /14/ и корреляция их свойств. Заметим, что попытки эти разрозненны и не объединяются общей идейной платформой. Еще более частными выглядят работы, в которых методом корреляции прогнозируется урожайность в зависимости от свойств почв (например, от ее структурных характеристик /17/).

И последнее. Не нужно стремиться экономить на почвенно-мелиоративных изысканиях. Экономико-статистическая модель А.И. Голованова /7/ (идентичные идеи в инженерной геологии принадлежат М.В.Рацу /20/), определяющая рациональный объем изысканий по минимуму приведенных затрат, не учитывает, что почвенно-мелиоративные изыскания в системе "изыскания - проектирование - строительство мелиоративной системы" занимают по стоимости порядка 0,5-1% и менее. Увеличение их стоимости, например, в два раза, по существу никак не скажется на стоимости мелиоративной системы. Зато оптимизация параметров построенной системы за счет большей детализации исходных сведений о физических *.) Такой размер площадки приводится и в ряде других работ Е.Т. Базина и В.И.Косова, посвященных опробованию торфяников, но как эта величина получена - сведений нет.

и водно-физических свойствах почво-грунтов несомненно будет способствовать лучшему ее функциональному состоянию и в конечном итоге - максимуму прибавки урожая сельскохозяйственных культур.

Л и т е р а т у р а

1. О программах линейного и нелинейного корреляционно-регрессионного анализа в почвенных исследованиях на ЭВМ "Напри-2"/ Акопян И.Х., Рожков В.А., Асланян Г.Ш., Абрамян В.М. Тр.Ин-та почвовед. и агрохимии АрмССР, 1976, вып. II, с.29-39.
2. Александров В.Г., Ильин Н.И. О неоднородности некоторых водно-физических свойств торфяной почвы. - Сб.науч.тр. "Рез.иссл. в обл. физ.химии торфа и их использовании в народном хозяйстве", Калинин, 1981, с.205-206.
3. Базин Е.Т. Физико-химические и технологические аспекты осушения торфяных месторождений. - Сб.науч.тр. "Рез.иссл. в обл. физ.химии торфа и их использовании в народном хозяйстве", Калинин, 1981, с.12-17.
4. Баишев Б.Т. Функция распределения проницаемости и учет неоднородности пласта при проектировании разработки нефтяных месторождений. Науч.тр./Всес.НИИ нефтегаз/Гостоптехиздат, 1960, вып.28, с.48-66.
5. Вуколова В.И., Ильин И.Р., Тукалова В.Н. Анализ варьирования агрохимических свойств почвы. - Сб.науч.тр. Применение математических методов и ЭВМ в орошаемом земледелии. - Кишинев, Штиинца, 1979, с.152-177.
6. Голованов А.И. Учет изменчивости коэффициента фильтрации при расчете дренажа. - Сб.науч.тр. Физ. и мат.моделир. в мелиорации. - М.: Колос, 1973, с.330-345.
7. Голованов А.И. Состав и объем изыскательских работ для моделирования прогноза водно-солевого режима. - Сб.науч.тр. Прогрессивные методы мелиор. засолен.почв. Материалы совещ. Ташкент, 1975, с.228-249.
8. Гридасов В.Ф. К вопросу определений некоторых водно-физических свойств почвы по площади. Науч.тр./Ин-т эксперим. метеорологии Госкомгидромета СССР, № 14/92, 1980, с.117-121.

9. Давлятшин И.Д., Науменко А.А. О пространственном варьировании некоторых физических свойств темно-каштановых почв. Изв.АН Каз.ССР.Сер.биол., 1977, № 4, с.50-54.
10. Ильин Н.И. Инженерная концепция неоднородности и изменчивости физических свойств почв. - Науч.тр./Моск. ин-т инж. землеустройства, Мелиорация почв, 1980, с.14-20.
11. Экспериментальное исследование некоторых элементов почвенной неоднородности. Ильин Н.И., Амарантова И.Е., Краснова Г.Ю. и др. В наст.сборнике с.32-41.
12. Оценка точности определения водопроницаемости горных пород. Ильин Н.И., Чернышев С.Н., Дзекцер Е.С., Зильберг В.С. - М.: Наука, 1971, -150 с.
13. Ковтун А.В., Глаголева И.Н. Коррелятивные зависимости водопроницаемости почв. - Почвоведение, 1979, №12, с.91-93.
14. Константинов А.Р., Прихотько В.Г. Некоторые взаимосвязи агрофизических характеристик почв. Науч.тр./ Ин-т эксперим. метеорол. 1977, вып.10 (78), 109-113.
15. Косов В.Н. Варьирование водно-физических и структурно-механических свойств торфяных залежей. - Сб.Науч.тр. Рез.иссл. в обл.физ.-химии торфа и их использ. в нар.хоз-ве", Калинин, 1981, с.48-49.
16. Дытаев И.А., Петрова М.В., Возможности применения статистических моделей основной гидрофизической характеристики почво-грунтов для прогнозирования засушливых явлений. - Сб.Науч.тр./ Агрофиз.НИИ ВАСХНИЛ, 1977, вып.37, с.66-72.
17. Медведев В.В., Егоршин А.А., Назарова Д.И. Планирование эксперимента для изучения зависимостей типа состав-свойство при обосновании оптимальной структуры почвы в пахотном слое. - Почвоведение, 1978, №12, с.126-138.
18. Методическое руководство по изучению водно-физических свойств почв для мелиоративного строительства. М., Минводхоз СССР, - М.: 1974, -197 с.
19. Орешкина Н.С. Статистическая характеристика физических свойств почв лугово-лесной зоны. - Сб.Науч.тр.Тез.докл.У Всес. съезда почвоведов, Минск, 1977, вып.1, с.145-147.
20. Рац М.В. Неоднородность горных пород и их физических свойств - Наука, М.: 1968, 106 с. Структурные модели в инженерной геологии, - М.: Недра, 1973, -214 с.

21. Ребрык Б.М., Чернышев С.Н. Соотношение точности измерений с неоднородностью среды и требованиями расчетной схемы. - Матем.методы в инж.геологии, М., 1968, с.121-124.
22. Самсонова В.П. Варьирование максимальной гигроскопичной влажности в дерново-подзолистой почве. - Почвоведение, 1976, №10, с.137-143.
23. Сибуль Р.А. Особенности пространственного варьирования некоторых физических свойств дерново-подзолистой почвы в лесном биогеоценозе: Дисс.канд.биол.наук. - М.: МГУ, 1981, - 155с.
24. Смирнов А.С. К проблемам картографирования агрохимических свойств почвы: Дисс., канд.техн.наук. - М.: 1974, - 21с.
25. Фридланд В.М. Структура почвенного покрова. - М.: Мысль, 1972, - 363 с.
26. Шабанов В.В. Минимальный объем измерений при изучении торфяных массивов. Вестн. с.-х. науки, 1969, №3, с.105-109.
27. Gelhardt E. On the water permeability of peat muds and marls. Proc 5 Ant Reat Congr, Poznan, 1976, vol.2" Warszawa, s.a, 203-206
28. Keistling J.C, Davidson J M, Weeks D L, Morrison R D. Precision with which selected soil physical parameters can be estimated. "Soil Sci.", 1977, vol. 124, №4, 241-248.
29. Stock H.-G., Dörfel H, Ziegler G. Untersuchungen zur Genauigkeit von gravimetrischen Bodenfeuchtemessungen. "Arch Acker- und Pflanzenbau und Bodenk.", 1979, vol. 23, №7, 399-407.

Н.С.Ерхов

ВАРИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ВОДОПОГЛОЩАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОЧВЫ ПРИ ДОЖДЕВАНИИ

Изучение водопоглощающей способности почвы при дождевании (ВСП) имеет большое практическое значение для определения эрозионно-допустимых поливных норм (ЭДПН), построения на их основе эрозионно-безопасных поливных режимов сельскохозяйственных культур с использованием всех видов имеющихся дождевальных машин или их модификаций, выбора экономически наиболее эффективной из них в данных природно-хозяйственных условиях с учетом таких факторов, как почва и её агротехническое состояние, уклон днв-ной поверхности, растительный покров, скорость и направление ветра и др. Заметим, что используемый иногда термин "впитываю-

щая способность почвы", по нашему мнению, некорректен, его можно понять как способность почвы впитываться в какую-либо субстанцию.

В качестве показателя ВСП удобно использовать параметр P/I :

$$m = \frac{P}{S}, \quad (1)$$

где m - ЭДПН, мм;

S - безразмерная энергетическая характеристика искусственного дождя (комплексный показатель структуры дождя);

$$S = (\rho/\rho_1)^4 \exp(q \cdot d/d_1), \quad (2)$$

где ρ - средняя в точке интенсивность дождя, мм/мин;

d - крупность капель, мм;

$\rho_1 = 1$ мм/мин, $d_1 = 1$ мм;

u и q - параметры.

Показатель ВСП из формул (1) по физическому смыслу представляет собой ЭДПН при $S=1$. Его получают в почвенно-мелиоративных изысканиях с применением специальной передвижной дождевальной установки (ПДУ). В настоящее время изучено влияние основных природно-хозяйственных факторов на показатель P . Для определения ЭДПН применительно к производственным дождевальным машинам (ДМ) используют соответствующее расчетное значение S , которое можно получить по известной методике /2/, при этом в формулу (2) в качестве d подставляют эквивалентный диаметр капель дождя /3/, находимый из условия равенства скоростей падения капель при поливе ПДУ и ДМ. Предварительное обобщение результатов экспериментальных исследований в различных почвенных условиях позволяет сделать вывод о том, что на суглинистых черноземах, темно-каштановых, дерново-подзолистых, дерново-аллювиальных почвах параметр u близок к 0,5, а на светло-каштановых - к 0,75; для супесчаных и песчаных почв параметр u примерно равен единице. Параметр q часто лежит в интервале от 0,5 до 0,8 (в среднем 0,65), хотя в некоторых случаях (на влажных почвах) может достигать единицы.

Изменчивость показателя ВСП вызывается преимущественно случайными ошибками измерений средней в точке интенсивности дождя и крупности капель (особенно за счет естественной флукту-

ации направления и скорости ветра), а также за счет пространственной неоднородности почвенного покрова (по-видимому, в значительно меньшей мере). Практически важной задачей является установление необходимого количества повторности определения показателя ВСП в почвенно-мелиоративных изысканиях, проводимых для обоснования проектов мелиоративных систем, а также в научно-исследовательских работах, которые направлены на усовершенствование методов изысканий и расчетов сравнительной экономической эффективности поливной техники. С этой целью необходимо убедиться, что показатель ВСП распределен по нормальному закону, и если это так, то найти коэффициент его вариации.

Для анализа взята серия № 9 опытов, выполненных на пойменной сложистой легкосуглинистой почве (пашня, стандартная площадка) Курганской области в 1981 г. /3/. В серии получено 96 расчетных точек, для каждой из которых по известной методике замерены продолжительность t (мин) полива до появления устойчивых луж, непосредственно предшествующих стоку воды, средняя в точке интенсивность дождя $\bar{p}$ (мм/мин) и крупность капель d (мм). Показатель ВСП вычисляли для каждой расчетной точки по формуле:

$$P = t p^{u+1} \exp(qd). \quad (3)$$

Здесь взят показатель степени $u \neq 1$, потому что $m = t p$. Параметры $u = 0,5$ и $q = 0,6$ (найденны методом регрессионного анализа).

Предварительное построение гистограммы распределения P показывает, что оно близко к нормальному. Выполним специальную проверку этой гипотезы при помощи метода хи-квадрат. Он часто используется для анализа численностей, основанных на биномиальном распределении, относительно к этому случаю и даны примеры расчетов в известных специальных пособиях /6,7/. Поэтому некоторые особенности применения метода хи-квадрат в данном случае представляют самостоятельный методический интерес.

Принимая на основании предварительной гистограммы за рабочую гипотезу нормальное распределение показателя ВСП, вычисляем его среднее арифметическое значение (выборочное среднее)

$\bar{P} = 76,8$ мм, дисперсию $\sigma^2 = 42,9$ мм², стандартное отклонение $\sigma = 6,55$ мм и коэффициент вариации $C_v = 0,085$. Строим фактиче-

скую (эмпирическую) гистограмму распределения показателя P , принимая за середину центрального классового интервала (разряда) $\bar{P} = 76,8$ мм, а за ширину его - 4 мм (исходя из получения 7...10 классовых интервалов) - см. табл. I и рисунок.

Т а б л и ц а I
Расчеты к построению гистограмм
распределения показателя

Границы интервалов по P	Фактиче- ские частоты n_i	Вероятность появления P		Теоре- тиче- ские частоты n_i	Границы интервалов по P	Частоты	
		факти- ческая	теоре- тиче- ская			факти- ческие	теоре- тиче- ские
54,8..58,8	0	0,000	0,003	0			
58,8..62,8	0	0,000	0,013	I			
62,8..66,8	2	0,021	0,047	5	Менее 66,8	2	6
66,8..70,8	8	0,083	0,117	II	66,8..70,8	8	II
70,8..74,8	23	0,240	0,200	19	70,8..74,8	23	19
82,8..86,8	31	0,323	0,240	24	74,8..78,8	31	24
78,8..82,8	15	0,156	0,200	19	78,8..82,8	15	19
82,8..86,8	9	0,094	0,117	II	82,8..86,8	9	II
86,8..90,8	6	0,062	0,047	5	Более 86,8	8	7
90,8..94,8	2	0,021	0,013	I			
94,8..98,8	0	0,000	0,003	0			
Итого	96	1,000	1,000	96		96	96

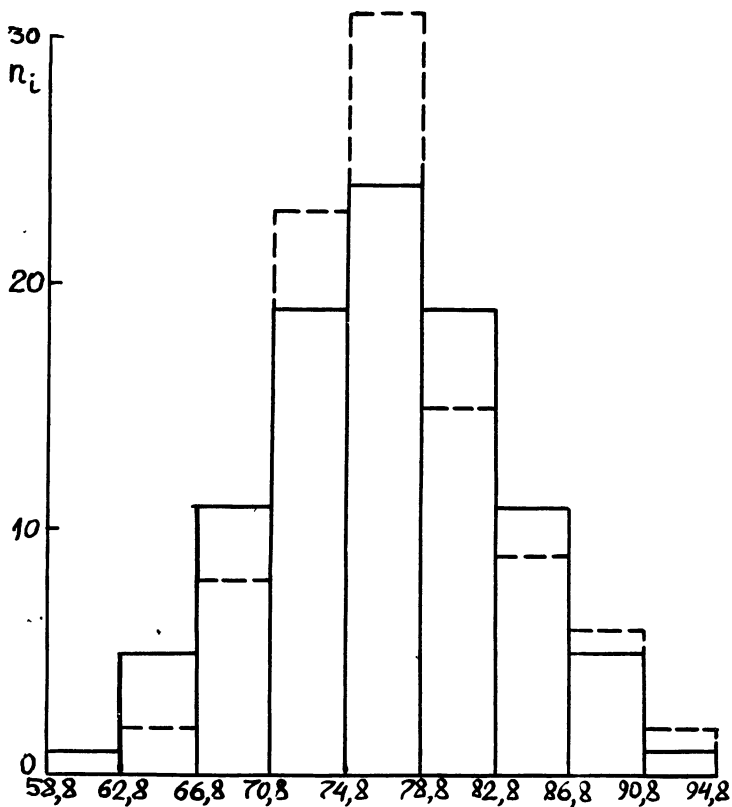
Фактические частоты (количество дат в классовом интервале n_i) получены непосредственными подсчетами, а вероятность вычислена по отношению

$$p = \frac{n_i}{N} ,$$

где N - объем выборки ($N = 96$).

Далее установим теоретические частоты по выделенным классовым интервалам. Для этого найдем теоретическую вероятность появления дат (показателей P) во всех разрядах. Эта вероятность есть определенный интеграл, равный специальной функции, так называемому интегралу вероятности. С целью его нахождения для каждой границы классового интервала определяем центрирован-

ное отклонение $P - \bar{P}$ и нормированную безразмерную переменную $X = (P - \bar{P}) / \sigma$. По таблице интеграла вероятностей нормального распределения /8/ выписываем вероятности для каждой границы интервала и затем находим суммарные вероятности для каждого разряда (табл.2).



Показатель впитывания P

скую (эмпирическую) гистограмму распределения показателя P , принимая за середину центрального классового интервала (разряда) $\bar{P} = 76,8$ мм, а за ширину его - 4 мм (исходя из получения 7...10 классовых интервалов) - см. табл. I и рисунок.

Т а б л и ц а I
Расчеты к построению гистограмм
распределения показателя

Границы интервалов по P	Фактические частоты n_i	Вероятность появления P		Теоретические частоты n_i	Границы интервалов по P	Частоты	
		фактическая	теоретическая			фактические	теоретические
54,8..58,8	0	0,000	0,003	0			
58,8..62,8	0	0,000	0,013	I			
62,8..66,8	2	0,021	0,047	5	Менее 66,8	2	6
66,8..70,8	8	0,083	0,117	II	66,8..70,8	8	II
70,8..74,8	23	0,240	0,200	19	70,8..74,8	23	19
82,8..86,8	31	0,323	0,240	24	74,8..78,8	31	24
78,8..82,8	15	0,156	0,200	19	78,8..82,8	15	19
82,8..86,8	9	0,094	0,117	II	82,8..86,8	9	II
86,8..90,8	6	0,062	0,047	5	Более 86,8	8	7
90,8..94,8	2	0,021	0,013	I			
94,8..98,8	0	0,000	0,003	0			
Итого	96	1,000	1,000	96		96	96

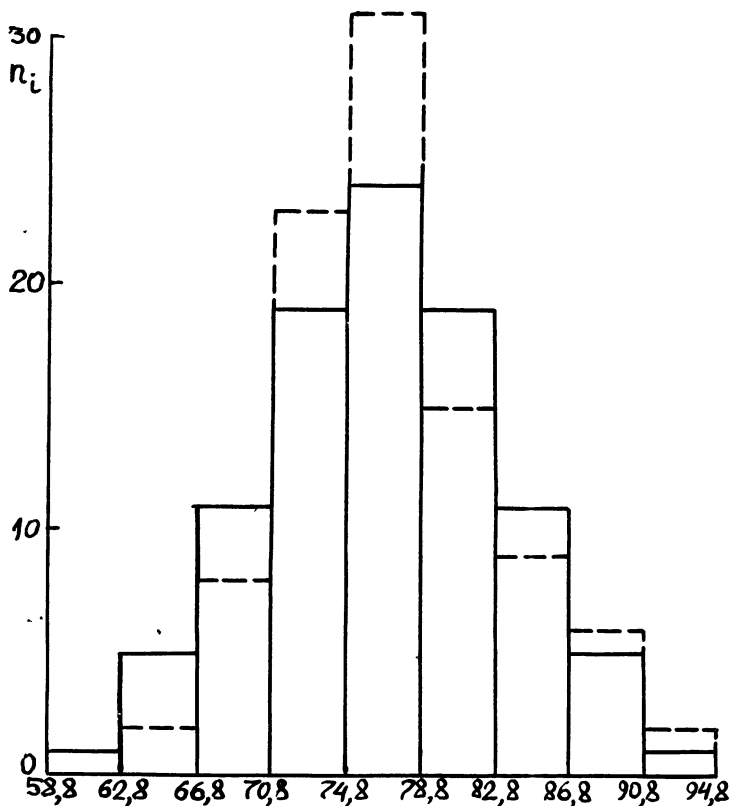
Фактические частоты (количество дат в классовом интервале n_i) получены непосредственными подсчетами, а вероятность вычислена по отношению

$$p = \frac{n_i}{N} ,$$

где N - объем выборки ($N = 96$).

Далее установим теоретические частоты по выделенным классовым интервалам. Для этого найдем теоретическую вероятность появления дат (показателей P) во всех разрядах. Эта вероятность есть определенный интеграл, равный специальной функции, так называемому интегралу вероятности. С целью его нахождения для каждой границы классового интервала определяем центрирован-

ное отклонение $P-\bar{P}$ и нормированную безразмерную переменную $X=(P-\bar{P})/\sigma$. По таблице интеграла вероятностей нормального распределения /8/ выписываем вероятности для каждой границы интервала и затем находим суммарные вероятности для каждого разряда (табл.2).



Показатель впитывания P

Т а б л и ц а 2
Вычисление теоретических вероятностей

Граница классовых интервалов	Интеграл ве-	Теоретиче-
границный показател, Р, мм	роятности для данной границы интервала	ская вероятность для данного интервала
центрированной границы Р-Р̄, мм	нормированная безразмерная граница $X = (P - \bar{P}) / \sigma$	
76,8	0	0,000
78,8	2	0,120
82,8	6	0,320
86,8	10	0,437
90,8	14	0,484
94,8	18	0,497
98,8	22	0,500

Поскольку центральный классовой интервал взят половинным, для всего интеграла вероятность будет в 2 раза больше табличной, то есть $2 \cdot 0,120 = 0,240$.

Теоретические частоты по классовым интервалам (табл. I) вычисляют умножением теоретической вероятности на объем выборки. Для использования критерия хи-квадрат в каждой теоретически рассчитанной группе желательно иметь не менее пяти наблюдений /6/, поэтому выполняем объединение крайних интервалов и получаем семь расчетных разрядов.

Вычисляем критерий хи-квадрат:

$$\chi^2 = \frac{(2-6)^2}{6} + \frac{(8-11)^2}{11} + \dots + \frac{(8-7)^2}{7} = 7,7.$$

Сопоставление полученного значения с табличным показывает, что вероятность его появления не ниже 10% (критическое значение $\chi^2_{\text{теор}} = 7,8$ при вероятности 10% и степенях свободы 4). Заметим, что при установлении соответствия распределений нормальному закону число степеней свободы для $\chi^2_{\text{теор.}}$ равно числу принятых классовых разрядов (групп) без трёх. Следовательно, принятая выше гипотеза о нормальном распределении показателя

ВСП не отвергается.

Возвращаясь к вариабельности показателя P , можно отметить, что согласно общепринятой классификации изменчивость показателя ВСП при $C_v \leq 10\%$ незначительная, при $C_v = 10 \dots 20\%$ изменчивость средняя и при $C_v > 20\%$ - значительная /4/. Изменчивость показателя ВСП почти на порядок меньше, чем коэффициента фильтрации /5/, несмотря на помехи, которые создает флуктуация ветра при определении показателя P в полевых условиях. Это свидетельствует, в частности, в пользу применяемой в настоящее время методики микроплощадок.

Коэффициент вариации показателя ВСП по другим сериям опытов, выполненных в различных почвенных условиях, близок к 10% . Например, для черноземных почв в Курганской области (серия № 10 /3/) на участке с уклоном примерно $0,05$ получено $P=51,9\text{мм}$, $C_v = 12,6\%$.

Имея в виду указанные выше задачи расчетов ЭДПН по формуле (1), а также возможную погрешность при определении ЭДПН в полевых условиях, можно без специального обоснования принять допустимую относительную ошибку для показателя P и соответственно ЭДПН равной $\varepsilon = 0,1$ (не меньше). Тогда получим при коэффициенте вариации $C_v = 0,1$ необходимую повторность $n = 4$ (/5/, табл.4), при этом вероятность нахождения истинного значения эффективной оценки в интервале $\bar{P} \pm \varepsilon P$ составит 95% , что вполне приемлемо. Поскольку в одном полевом опыте по определению показателя ВСП с применением ПДУ получают обычно не менее $5 \dots 7$ расчетных точек (повторностей), то отсюда можно сделать вывод, что одного опытного полива вполне достаточно для обеспечения $\varepsilon = 0,1$ и вероятности $P = 95\%$. Принятые $\varepsilon = 0,1$ и $P = 95\%$ будут выдержаны при повторности $n = 5 \dots 7$ (один полив) в условиях, характеризующихся коэффициентом вариации $C_v = 11,5 \dots 13,5\%$. Для сравнения укажем, что в целях обеспечения тех же условий ($\varepsilon = 0,1$ и $P = 95\%$) при определении коэффициента фильтрации на суглинистой почве необходимо иметь порядка 150-ти повторностей ($C_v = 0,6 \dots 0,7$).

Таким образом, изучение изменчивости показателя ВСП позволяет сделать ряд практически важных рекомендаций, в частности, в отношении необходимого числа поливов с помощью ПДУ в почвенно-мелиоративных изысканиях и научных исследованиях.

Л и т е р а т у р а

1. Ерхов Н.С. Мероприятия по предупреждению ирригационной эрозии почв при дождевании. - Гидротехника и мелиорация, 1981 № 6, с.54-57.
2. Отчет о НИР по теме: "Исследование водопроницаемости почв при дождевании в целях повышения эффективности использования дождевальной техники и для составления методики почвенных изысканий. - М., 1980, с.141-168.
3. Отчет о НИР по теме: Усовершенствовать и апробировать методику определения параметров впитывания воды в почву при дождевании для условий Среднего региона зоны Азиатского варианта переброски стока (на примере Курганской области). М., - 1981, с. 56-65.
4. Методические указания по статистической обработке экспериментальных данных в мелиорации и почвоведении. Ленинград, 1977. - 274 с.
5. Ильин Н.И. Неоднородность физических свойств почв и вопросы их опробования (см. наст. сборник с.3).
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. - М.: Колос, 1979. - 416 с.
7. Диттл Т., Хиллз Ф. Сельскохозяйственное опытное дело. Планирование и анализ. - М.: Колос, 1981. - 319 с.
8. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. - М.: Наука, 1980. - 976 с.

А.М.Абрамов, В.К.Бочков

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ ВПИТЫВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОЧВ С ПОМОЩЬЮ ПОРТАТИВНОГО ДОЖДЕВАТЕЛЯ

В практике почвенных исследований для целей мелиорации значительное место занимает определение впитывающей способности почв при дождевании. От точности определения параметров впитывания осадков искусственного дождя в почву зависит качество проектирования и эксплуатации мелиоративных систем.

Параметры впитывания воды в почву при дождевании определяются передвижной дождевальной установкой ПДУ, портативным дождевателем (ПД) в полевых условиях на стандартных площадках, вскопанных на глубину 25-30 см и с выровненной граблями поверхностью почвы, а также портативным дождевателем (ПД) в лабораторных условиях на образцах с естественной и нарушенной структурой /1,2/. Опытный полив осуществляется в "точке" с фиксированными воднофизическими параметрами будущего орошаемого участка. При этом орошаемый участок рассматривается, как однородная "стандартная площадка", на которую распространяются полученные параметры впитывания в точке. Возможность такого подхода может быть реализована лишь при условии, что почвенный покров обладает однородным характером по площади. В действительности же почвенный покров обладает резко выраженной неоднородностью. Установлено, что разброс единичных значений воднофизических и химических свойств почв обуславливается наличием неоднородности почвенного покрова /3,4/. В связи с этим параметры впитывания воды в почву при дождевании могут довольно существенно изменяться по площади орошаемого участка. Поэтому при корректном описании процесса впитывания для орошаемого участка необходимы исследования по изучению неоднородности впитывающей способности. Таким образом перед нами стояли следующие задачи:

определение статистических характеристик пространственной неоднородности параметров впитывания;

установление законов распределения параметров впитывания;

установление влияния шага опробования на оценку свойств исследуемых участков.

Экспериментальные исследования по изучению неоднородности параметров впитывания воды в почву при дождевании с помощью портативного дождевателя (ПД) проводились авторами в 1982 г. на двух опытных участках.

Участок № I находится в ОПХ "Быково" ВНИИОХа на выработанном фрезерным способом низинном торфянике "Михневское" Раменского района Московской области, расположенном на левобережной пойме р.Пехорки. Он осушался гончарным дренажем. Орошение выполнялось машинами ДДА-100М.

Участок № 2 находится на территории опорного пункта ВНИИМитП в совхозе Горки-П Одинцовского района Московской области. Он расположен в центральной части поймы р.Москвы. Почва участка аллювиальная лугово-болотная, легкосуглинистая, подстилаемая четвертичными глинами. Орошение выполнялось дождевальной машиной "Фрегат".

Для двух опытных площадок обеих участков с различным шагом опробования $1,0 \times 1,0$ м и $10,0 \times 10,0$ м проводили серии опытных поливов на стандартных учетных площадках, вскопанных на глубину 25-30 см и с выровненной граблями поверхностью почвы. Перед поливом на стандартных площадках отбирали образцы почв на влажность и объемную массу. Пробы почв отбирались режущим цилиндром $3,06 \text{ дм}^3$, затем в лабораторных условиях находили влажность термостатно-весовым методом.

Опыты велись при высоте прибора от поверхности земли на уровне 1 м с интенсивностью дождя $3,61 \text{ мм/мин.}$ Фиксировали время начала водообразования на поверхности почвы t_0 .

В результате для каждой учетной площадки получали время полива до водообразования на поверхности почвы t_0 (мин), слой осадков, выпавших до водообразования m_d (мм) и предполивную влажность почвы (в долях от объема). В серии для каждой опытной площадки проводили 49 определений.

Полученные результаты обрабатывали методами математической статистики. Установление типа закона распределения проводилось графоаналитически (опытные точки наносились на клетчатку вероятности и Хазена), при этом, по рекомендациям Н.И.Ильина /5/, оно определялось как нормальное или логарифмически нормальное. По 49-ти значениям также определялось наличие корреляционной зависимости между эрозионно-допустимой поливной нормой m_d и предполивной влажностью почвы в долях от объема. Результаты математической обработки приведены в табл. I и 2.

Как видно из табл. I, для торфяников с увеличением шага опробования коэффициент вариации эрозионно-допустимых поливных норм m_d увеличивается почти в два раза, а для минеральных почв он имеет лишь определенную тенденцию к увеличению.

Коэффициент вариации предполивной влажности почв с увеличением шага опробования не претерпевает существенных изменений.

Распределение обоих свойств почв близко к нормальному и не изменяется от шага опробования.

Определение необходимого числа повторностей n , обеспечивающего получение среднего арифметического с заданной относительной погрешностью P_p , проводилось по Е.А.Дмитриеву /6/. Результаты расчетов необходимого числа опытов для определения эрозионно-допустимой поливной нормы с помощью портативного дождевателя при заданной относительной погрешности $P_{0,95}=5\%$ приведены в табл.3. Как видно из таблицы, при шаге опробования в 1 м количество необходимых поливов на минеральных почвах почти в 3 раза больше чем на выработанных торфяниках. С увеличением шага опробования количество определений на выработанных торфяниках возрастает более, чем в три раза, а на минеральных почвах - лишь в полтора раза.

Т а б л и ц а I

Статистические характеристики предполивной влажности почв и эрозионно-допустимых поливных норм при шаге опробования 1 и 10 м выработанных торфяников (ОПХ ВНИИОХа) и аллювиальной лугово-болотной, легкосуглинистой почвы (ОП ВНИИМитП "Торки-2").

Расположение опытного участка	Среднее значе- ние	Ошибка средне- арифметиче- ского	Коэффици- ент вари- ации, %	Распреде- ление
<u>Эрозионно-допустимые поливные нормы</u>				
Быково, Малая площадка	3,39	0,04	7,78	Нормальное
Быково, Большая площадка	4,47	0,10	15,59	Нормальное
Горки-П, Малая площадка	3,85	0,08	15,08	Нормальное
Горки-П, Большая площадка	3,50	0,09	18,78	Нормальное
<u>Предполивная влажность почвы</u>				
Быково, Малая площадка	35,45	1,10	21,80	Нормальное
Быково, Большая площадка	45,76	1,10	16,82	Нормальное
Горки-П, Малая площадка	14,16	0,40	19,82	Нормальное
Горки-П, Большая площадка	15,84	0,44	19,44	Нормальное

Т а б л и ц а 2

Корреляционные параметры между эрозионно-допустимой поливной нормой и предполивной влажностью для выработанных торфяников и аллювиальной лугово-болотной легкосуглинистой почвы

Расположение опытного участка	Коэффициент корреляции	Члены уравнения $y = A + Bx$		Стандартная ошибка коэф- фициента регрессии
		A	B	
Горки II				
Большая площад- ка	-0,94	6,670	-0,200	0,011
Горки II				
Малая площадка	-0,91	6,517	-0,188	0,012
Быково				
Большая площадка	-0,01	4,522	-0,001	0,013
Быково				
Малая площадка	0,30	3,391	0,011	0,005

Т а б л и ц а 3

Необходимое количество определений нормально распределенной величины эрозионно-допустимой поливной нормы для выработанных торфяников и аллювиальной лугово-болотной легкосуглинистой почвы

Поля опытного участка	Шаг опробования, м	Переводной коэффициент $K_I = \frac{P_p}{S_x}$	Число повторностей n
I	1,0 x 1,0	0,65	12
I	10,0 x 10,0	0,32	39
2	1,0 x 1,0	0,33	40
2	10,0 x 10,0	0,26	59

Как видно из табл.2, для минеральных почв зависимость между эрозионно-допустимой поливной нормой m_e и предполивной влажностью почвы W_n в диапазоне 0,4-0,8 НВ носит линейный характер. Для большой и малой площадок коэффициенты корреляции, подсчитанные на основе 49 опытов, составляют величины, превышающие $r=0,9$. Связь может быть аппроксимирована уравнением вида

$y = A + BX$, что подтверждает ранее полученные зависимости $m_g = f(W_n)$ для других почв /2/.

Как и следовало ожидать, на торфяниках с различной степенью разложения и опесчаненности полученные оценки коэффициентов корреляции малы. Таким образом, определение средних значений параметров впитывания воды для выработанных торфяников с помощью портативного дождевателя данной конструкции следует признать нецелесообразным, ввиду очень большой неоднородности их впитывающей способности. Следует, по-видимому, подойти к более конкретной оценке параметров впитывания при поливах с помощью передвижной дождевальной установки /7/.

Таким образом подтверждено реальное существование в почвенном массиве генетически обособленных зон с различной впитывающей способностью. Полученные данные показывают, что необходимо совершенствовать методику изучения впитывающей способности почв с учетом ее пространственной неоднородности на различных стадиях изысканий при проектировании и эксплуатации мелиоративных систем.

Л и т е р а т у р а

1. Методическое руководство по изучению воднофизических свойств для мелиоративного строительства. - М., Союзводпроект-Гипроводхоз, 1974.
2. Портативный дождеватель и его применение для изучения впитывающей способности почв./ Ильин Н.И., Ерхов Н.С., Абрамов А.М. и др. Науч.тр./Моск.ин-т инж.землеустройства, 1980, Мелиорация почв, с.64-82.
3. Ильин Н.И. Инженерная концепция неоднородности и изменчивости физических свойств почв. Науч.тр./Моск.ин-т инж.землеустройства, 1980. Мелиорация почв, с.4-20.
4. Фридланд В.М. Структура почвенного покрова. - М.: Мысль, 1972.
5. Ильин Н.И. Неоднородность физических свойств почв и вопросы их опробования. (см.наст.сборник,с.3).
6. Дмитриев Е.А. Об оценке достаточного объема выборочных наблюдений. Вестник МГУ, 1966, № 4.
7. Ильин Н.И., Абрамов А.М., Морин А.Г. О влиянии энергии до-

ждевых осадков на впитывание их почвой. - Водные ресурсы, 1981, № 6, с.141-144.

Н.И.Ильин, И.Е.Амарантова,
Г.Ю.Краснова, О.В.Персикова, А.В.Разин

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОЧВЕННОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ

Проведенные в 1981-83 гг. эксперименты, равно как и рассмотренные в настоящей статье результаты других исследований, имели целью уточнить ряд предположений, изложенных ранее одним из нас /1/.

Объект исследований был расположен в пойме верховьев Иваньковского водохранилища близ п.Радченко Калининской области между берегом водохранилища (от последнего массив был отделен лишь полосой насыпного пляжа около 10 м) и шоссе Москва-Ленинград. На участке № 1 почвенный массив представлял собой слабожироватую практически безуклонную поверхность 120х80 м. Глубина почвенного слоя составляла около 0,8 м (ниже - иловые суглинки); уровень грунтовых вод во время опытов располагался в 0,2-0,5 м от дневной поверхности. Массив представлен торфянисто-перегнойно-глеевой пойменной почвой со значительным содержанием низинного торфа топяного подтипа (зольность около 52%). Растительность - ооска, перемежающаяся луговыми травами, кустарник. Хозяйственное использование - сенокос.

Участок №2(пляж, кукурузное поле)представлял песчаные слабогумусированные почвы, покрытые травой. Мощность гумусового горизонта составляла 3-5см. Гидрологические условия идентичны участку №1. На кукурузном поле уровень грунтовых вод располагался в 2,5м от дневной поверхности, вследствие чего влажность верхних горизонтов была ниже, чем в остальных пунктах опробования.

На этих участках исследовались следующие вопросы.

1. Установление законов распределения некоторых свойств торфянисто-глеевой и песчаной почв (они могли и отличаться от соответствующих законов для других минеральных почв).

2. Установление влияния шага опробования на оценку свойств (статистически) однородного массива.

3. Экспериментальные исследования масштабных эффектов

2-го рода.

4. Влияние антропогенной деятельности на характер распределения свойств почвы в пространстве.

Изучались распределения объемной массы γ почвы, ее объемной и весовой влажности $W_{об}$ и W , сопротивления сдвигу τ и коэффициента фильтрации K_f .

Значения γ , $W_{об}$ и W измерялись термостатно-весовым методом в пробах разного объема. Из малого цилиндра ($V_m = 28 \text{ см}^3$) пробы брали сразу в боксы, а из большого ($V_b = 390 \text{ см}^3$) - в полиэтиленовые мешки, предварительно взвешенные. В лаборатории определяли массу навески и затем находили влажность W термостатно-весовым методом. Потом вычисляли γ и $W_{об}$ всех отобранных образцов почвы.

Сдвиговая прочность определялась крыльчаткой Л.С.Амарьяна /2/, коэффициент фильтрации - методом восстановления уровня воды в одиночной скважине (по Г.Д.Эркину) и односкважинным радиоиндикаторным методом /3/.

1. Как показала графическая обработка экспериментальных данных (опытные точки наносили на клетчатку вероятностей Хазена), величины γ , W и $W_{об}$ оказались распределенными в пространстве нормально. В целом это обстоятельство не явилось неожиданным (см. табл. 2 в /1/), хотя и имели место отдельные работы, в которых приводились асимметричные распределения этих свойств. Коэффициент фильтрации K_f вне зависимости от метода измерений оказался распределенным логарифмически нормально, что также не противоречит результатам предшествующих работ.

2. Влияние шага опробования на результаты опытов изучали следующим образом. Серии проб брали по линиям через 0,1; 1,0 и 10,0 м на торфяной почве и через 0,1 и 5,0 м - на песчаной. Глубина отбора во всех случаях составляла 0-10 см. Были приняты меры, чтобы все серии проб отбирались в устойчивую погоду без дождя. Это исключает влияние метеорологических факторов на результаты измерений.

Сведения о влиянии шага опробования на результаты измерений приведены в табл. I.

Т а б л и ц а I

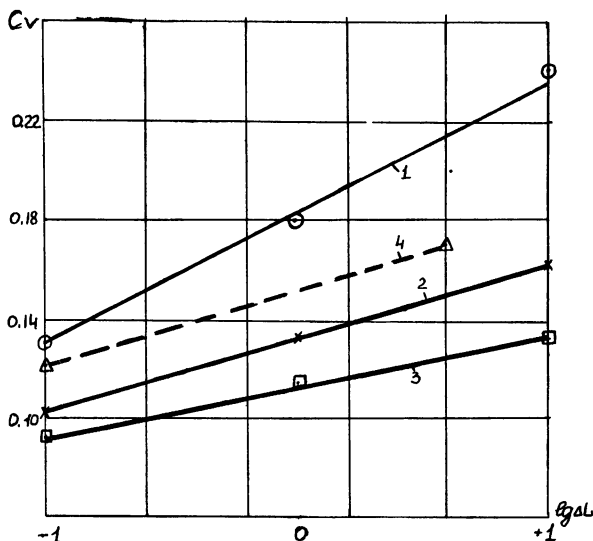
Влияние шага опробования на средние значения
и коэффициенты вариации

Свойство	Шаг опробования, ΔL , м	Средние значения $\bar{x}$	Коэффициенты вариации C_v
а) торфяные почвы			
γ , г/см ³	10	0,54	0,239
	I	0,61	0,178
	0,1	0,60	0,134
W, %	10	108,31	0,161
	I	102,57	0,133
	0,1	99,96	0,102
W ₀₅ , доли един.	10	0,569	0,126
	I	0,573	0,111
	0,1	0,597	0,088
б) песчаные почвы			
γ , г/см ³	5	1,20	0,169
	0,1	1,29	0,119
W, %	5	21,53	0,389
	0,1	19,86	0,388
W ₀₅ , доли един.	5	0,258	0,466
	0,1	0,258	0,460

Как видно из таблицы, с увеличением шага опробования определенную тенденцию к увеличению на торфяных почвах имеют коэффициенты вариации всех исследуемых свойств. В самом общем случае здесь подтверждается гипотеза В.М.Фридланда /4/ о прямой зависимости коэффициента вариации от логарифма шага опробования. В средних значениях отметим лишь увеличение влажности в зависимости от шага опробования. Это связано, по-видимому, с попаданием точек опробования на участки повышенной влажности, в то время, как территории с отбором проб через I и 0,1 м расположены на участке с влажностью, близкой к "средней" для массива.

На песчаных почвах этот эффект можно выделить только для

объемной массы γ (кривая 4 на рис. I). Для W и $W_{0.5}$ существенных изменений коэффициента вариации с увеличением шага опробования не наблюдается.



Влияние шага опробования ΔL на коэффициент вариации C_v , 1 - объемная масса γ ; 2 - весовая влажность W ; 3 - объемная влажность $W_{0.5}$; 4 - объемная масса γ_n для песчаных почв.

На рисунке приведены графики зависимости $C_v = f(lg \Delta L)$. Как видно из графиков, эти зависимости могут быть аппроксимированы выражением вида $C_v = \delta lg \Delta L$, где величина δ составляет для торфяных почв
 объемной массы $\delta_\gamma = 0,050$,
 весовой влажности $\delta_w = 0,030$,
 объемной влажности $\delta_{w_{0.5}} = 0,021$;

для объемной массы песчаной почвы $\delta\gamma = 0,030$.

Хотя все величины δ получены одного порядка, вопрос о значениях δ в почвах изучен недостаточно. Необходимы дальнейшие широкие экспериментальные исследования для надежного суждения об этих величинах.

Таким образом, при изменении шага опробования новый коэффициент вариации C_v будет равен

$$C_v^* = C_v + \delta l_g(\Delta L),$$

где C_v - известный коэффициент вариации.

3. Масштабные эффекты при опробовании почв /7/ исследовались путем измерения величин γ , W и $W_{об}$. Пробы почвы отбирали режущими цилиндрами объемом 390 см³ и 28 см³. По "правилу корня из n " коэффициенты вариации должны при этом различаться в $\sqrt{390/28} \approx 3,74$ раза. Как показывают эксперименты, этого не наблюдается, различие коэффициентов вариации во всех случаях оказалось существенно меньшим. Экспериментальные данные приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Коэффициенты вариации проб объемом 390 и 28 см³
(при шаге опробования 1,0 м)

№ серий почв	Кол-во измерений n	Свойство	$\bar{\gamma}$ $\gamma = 390 \text{ см}^3$	$\bar{W}$ $W = 28 \text{ см}^3$	C_v $V = 390 \text{ см}^3$	C_v $V = 28 \text{ см}^3$	$\frac{C_v \cdot 28}{C_v \cdot 390}$
1. Торфянистая, уч. I	40	γ	0,53	0,61	0,147	0,178	1,21
		W	104,82	102,57	0,118	0,131	1,11
		$W_{об}$	0,546	0,573	0,076	0,111	1,47
2. Торфянистая, уч. 2	30	γ	0,78	0,71	0,0055	0,197	1,87
		W	72,12	86,45	0,172	0,189	1,10
		$W_{об}$	0,561	0,585	0,261	0,280	1,08
3. Торфянистая с песком	39	γ	1,01	0,96	0,199	0,246	1,24
		W	50,54	56,02	0,154	0,364	2,36
		$W_{об}$	0,500	0,511	0,085	0,170	2,00
4. Песчаные почвы	20	γ	1,61	1,71	0,059	0,065	1,10
		W	2,92	3,35	0,181	0,209	1,15
		$W_{об}$	0,047	0,057	0,174	0,202	1,16

Как видно из таблицы, о масштабном эффекте I-го рода определенных суждений вынести нельзя, хотя в некоторых случаях наблюдаются довольно существенные (но разнознаковые) расхождения между $\bar{x}_{390}$ и $\bar{x}_{28}$. Это отвечает требованиям теории /5/, сводящимся к тому, что при нормальном распределении признака масштабный эффект I-го рода иметь место не должен.

Что касается масштабного эффекта 2-го рода, то соотношение C_{v28}/C_{v390} для торфяных почв во всех случаях меньше "теоретической" величины 3,74. Еще меньше масштабный эффект 2-го рода выражен на песчаных почвах (4-я строка таблицы). Аналогичные результаты получены Р.А.Сибуль /9/ для лесных дерново-подзолистых почв. Кроме того, в литературе имеется еще немало примеров неподтверждения "правила корня из n". Таким образом, соображения, выдвинутые в /7/, по всей вероятности, более применимы для исследования неоднородности, так в формуле

$$C_v = \mu \ln \frac{V_*}{V}$$

величины μ по данным табл. 2 получены в пределах 0,04-0,007, размеры же зон, включающих все элементы почвенной неоднородности V_* , колеблются в более широких пределах: от $0,6 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$ до $2,5 \cdot 10^8 \text{ м}^3$. Масштабный эффект 2-го рода имеет существенное значение и обязательно должен учитываться при планировании опробования почвенного массива.

4. Высказанная в /1/ гипотеза о том, что любое антропогенное воздействие на почву вызывает снижение пространственной (плановой) ее неоднородности, наиболее сложна для прямой экспериментальной проверки. Дело в том, что сами по себе антропогенные воздействия реализуются в течение относительно больших промежутков времени (нередко годы), а изменения C_v относительно невелики.

В этой связи здесь рассмотрены результаты опытов по вариабельности коэффициентов фильтрации K_f в зоне действия канала и вне ее, а также некоторые экспериментальные данные других исследователей.

На участке неосушенного верхового торфяника "Талицкий Мох" (район п.Радченко) исследованы серии значений K_f односкважинными радиоиндикаторными методами /3/.

Был выбран девственный участок болота (участок Б) и участок А, на котором попытка осушения предпринималась в начале 30-х годов. Это осушение хотя и не принесло успеха, что видно из средних значений K_{ϕ} (как правило при осушении они резко снижаются), но запыленные каналы, располагавшиеся через 100 м, все же могут считаться фактором антропогенного воздействия, сыгравшего определенную роль в формировании фильтрационной неоднородности массива.

Серии опытов состояли из 50 определений в каждой (через 2 м, между скважинами, расположенными в линию, вытянутую перпендикулярно уклону).

В качестве радиоактивного индикатора, показавшем в условиях верхних торфяников хорошие результаты, использовалась сера-35, в соединении $Na_2 S^{35}O_4$.

Глубина скважин диаметром 10 см составляла в среднем 0,5м под уровнем грунтовых вод, располагавшихся в 10 см от дневной поверхности. Ввиду того, что в деятельном слое верхних болот скорости фильтрации обычно достаточно высоки, интервалы времени между отборами проб составили 1-1,5 часа; всего было отобрано по 5-6 проб из каждой скважины, что давало точность единичного определения порядка 10-12%. Измерение удельной активности проб производили на стандартных мишенях при помощи торцового детектора МСТ-17 и радиометра "Волна".

Коэффициенты фильтрации K_{ϕ} рассчитывались по полученным радиометрическим методом величинам скоростей фильтрации U и измеренным уклонам зеркала грунтовых вод на участках (А- $i = 0,0128$, В - $i = 0,0082$. Следует отметить, что некоторое увеличение уклона на участке А вряд ли связано с действием каналов, скорее всего он вызван существующей сейчас структурой поверхности болота).

В обеих сериях были получены логарифмически нормальные законы распределения коэффициентов фильтрации. Основные результаты опытов приведены в табл.3.

Напомним, что K_{ϕ} не являются оценками логарифмически нормального распределения. В случае расчетов по Ачизону-Брауну расхождение эффективных оценок будет, вероятно, существенно меньше. В то же время, оценки неоднородности C_y имеют опреде-

ленное различие, в целом подтверждающее высказанное в /1/ предположение о снижении пространственной неоднородности в результате антропогенного воздействия.

Т а б л и ц а 3
Результаты опытов на верховом участке
"Галицкий Мох"

Участок	K_{ϕ} , м/сут	C_v
А	8,92	0,62
Б	4,99	0,78

В свое время Е.И.Кормышев /6/ были выполнены (правда, относительно небольшими сериями по 20-25 определений) измерения коэффициентов фильтрации на низинном болоте в районе дер.Окаемово (Дубненская пойма). Вначале (1972 г.), до закладки дренажа, серия из 21-го определения (по методу восстановления уровня в скважине) была выполнена в скважинах, расположенных параллельно р.Дубна; затем в 1973 г. 18 измерений K_{ϕ} выполняли сразу после закладки дренажа на междуречьях параллельно дренам. Эти измерения были еще раз проведены в 1974 г. (22 точки) и в 1975 г. (25 точек). Величины C_v соответственно составили: 0,94; 1,19; 0,48; 0,73.

Таким образом, и в этом случае изменение C_v направлено в сторону снижения с течением времени, то есть пространственная неоднородность K_{ϕ} в процессе систематического антропогенного воздействия (осушения) уменьшается.

На снижение пространственной неоднородности в процессе осушения торфяников обращали внимание и другие исследователи.

В табл.4 приведены результаты массовых определений сдвиговой прочности τ (крыльчаткой конструкции Л.С.Амаряна) /8/.

Как видно из таблицы, в процессе осушения коэффициент вариации C непрерывно снижается.

Т а б л и ц а 4
Результаты определений сдвиговой прочности
(по Е.Т.Базину /8/)

Осушенность торфяника	τ , кПа	C_v
Неосушенный	9	0,24
Три года осушения	15	0,18
Пять лет осушения	18	0,16

Основные результаты работы сводятся, таким образом, к следующему.

1. Водно-физические характеристики торфянисто-перегнойно-глеевой и песчаной почвы (γ , W , W_{00}), как и на других почвах, распределены в пространстве нормально.

2. Масштабный эффект I-го рода экспериментально установить не удалось, масштабный эффект 2-го рода имеет место, однако, не отвечает "правилу $\sqrt{n}$ ".

3. Подтверждена в общем случае, гипотеза В.М.Фридланда о прямой зависимости коэффициента изменчивости от логарифма шага опробования.

4. Экспериментально подтверждена также высказанная ранее одним из авторов гипотеза о снижении пространственной неоднородности свойств почвы в результате антропогенного воздействия на нее.

Л и т е р а т у р а

1. Ильин Н.И. Инженерная концепция неоднородности и изменчивости физических свойств почв. Науч. тр. Моск. ин-т инж. устройства. Мелиорация почв, 1980, с. 4-20.
2. Амарян Л.С. Прочность и деформируемость торфяных грунтов. - М.: Недра, 1969. - 191с.
3. Чураев Н.В., Ильин Н.И. Радиондикаторные методы исследования движения подземных вод. - М.: Атомиздат, 1973. - 176с.
4. Фридланд В.М. Структура почвенного покрова. - М.: Мысль, 1972. - 342с.
5. Рац М.В. Неоднородность горных пород и их физических свойств. - М.: Наука, 1968. - 197с. Структурные модели в инженерной геологии. - М.: Недра, 1973. - 214с.
6. Корнин Е.И. Исследование осушающего действия дренажа различных конструкций на минеральных и торфяных почвах: Дисс. канд. техн. наук. М.ВНИИГМ, 1981. - 197 с.
7. Ильин Н.И. Неоднородность физических свойств почв и вопросы их опробования (см. наст. сборник, с. 3).
8. Базин Е.Т. Физические предпосылки к разработке технологических схем осушения торфяных залежей. - Торфяная промышленность, 1981, №12, с. 20-23.

9. Сибуль Р.А. Особенности пространственного варьирования некоторых физических свойств дерново-подзолистой почвы в лесном биогеоценозе: Дисс.канд.биол.наук. - М., МГУ, 1981. - 155 с.

В.Г.Александров

О НЕОДНОРОДНОСТИ НЕКОТОРЫХ ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВЫРАБОТАННЫХ ТОРФЯНИКОВ*

В последние годы возрос интерес исследователей к изучению неоднородности свойств почв, правильной интерпретации значительного экспериментального материала, что связано как с получением надежных результирующих оценок, адекватно описывающих природный объект, так и с более глубоким познанием структуры почвенного покрова.

Особый интерес в этой связи представляют почвы выработанных торфяников, которые длительное время рассматривались как "бросовые", исключались по разным причинам из потенциального мелiorативного фонда страны, а в силу этого изучались недостаточно. Для исследования методических вопросов (законы распределения, объемы опробования) и специфики водно-физических свойств нами была изучена неоднородность зольности, плотности, объемной массы, весовой и объемной влажности почв выработанного торфяного месторождения.

Исследования проводились в 1979 году на выработанном торфянике "Михневское" Раменского района Московской области. Мощность остаточного слоя торфа на участке исследований составляла 1,2 м. Залежь сложена древесно-осоковыми торфами, подстилается песками средней крупности. Участок 2-го года освоения осушается материальным дренажем.

В задачу исследований входило изучение только случайной составляющей неоднородности свойств, поэтому для устранения тренда отбор образцов торфа осуществляется из одинаковых генетических горизонтов по двум линиям параллельно дренажным осям через 20 см.

Летом отбор образцов на влажность проводился после длительного бездождного периода, что обусловило снижение влагозапасов верхнего 10-сантиметрового слоя почвы до влажности завядания

* Работа выполнена под руководством проф. Н.И. Ильина.

(ВЗ). Это позволило охватить при отборе диапазон влажности от ВЗ до предельной полевой влагоемкости (ППВ), то есть тот интервал, который в большинстве случаев имеет место на торфяных почвах при их сельскохозяйственном использовании в корнеобитаемом слое. Осенний отбор проводился в условиях отсутствия осадков и испарения, что позволило охватить интервал влажности от ППВ до ПВ тех же горизонтов торфа.

Образцы нарушенного строения для определения зольности, плотности, весовой влажности отбирались почвенным буром, а монолиты для определения объемной массы и объемной влажности буром ($V=100 \text{ см}^3$).

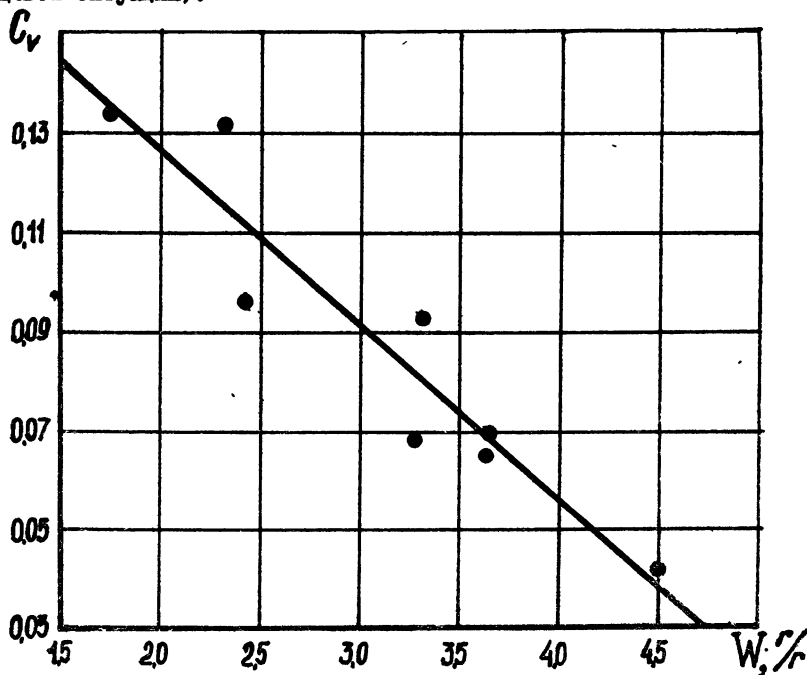
Объем выборки $n=40$ назначался из условия минимально допустимого количества, необходимого для формирования генеральной совокупности и установления на этой основе закона распределения признака при помощи критерия " χ^2 " Пирсона /1/.

В пахотном 30-сантиметровом слое неоднородность рассматриваемых свойств торфяной почвы в значительной мере обусловлена антропогенными воздействиями (вспашка, боронование и т.д.), в то время, как в подпахотном слое в основном определяется природной (генетически приобретенной) неоднородностью. При этом полагается, что физическая осадка и другие явления мелиоративного воздействия присущи обоим рассматриваемым слоям почвы.

Анализ статистических параметров (табл. I) и кривых распределения в масштабе Хазена (рисунок) показал, что распределение в пространстве плотности объемной массы, зольности, влажности весовой и объемной при уровне доверительной вероятности $P=0,95$ по критерию " χ^2 " Пирсона подчиняется нормальному закону распределения. Зольность и объемная влажность почв выработанных торфяников естественного сложения (подпахотный слой) описывается логарифмически нормальным законом распределения.

Эти данные не полностью совпадают с данными, ранее полученными другими авторами /2/, где объемная масса и плотность аппроксимированы логарифмически нормальным распределением. Причины отличных результатов могут содержаться как в особенностях объектов изучения (выработанный торфяник и болото естественного сложения), так и в отличиях методического характера (например, обобщение данных по принципу одинаковой глубины без учета генетических слоев), что обычно имеет место при изучении

неоднородности больших /3/ объектов и участков (недоучет трендовой ситуации).



Зависимость коэффициента вариации C_v
от средней по слоям влажности W

На фоне слабой изученности и малого фактического материала по неоднородности торфяных почв вопрос о законах распределения рассматриваемых свойств остается принадлежностью исследуемого объекта и условий его опробования (масштабные эффекты).

Физическая основа закона распределения вполне отчетливо просматривается для пахотного слоя почвы, который подвергается различным воздействиям в процессе возделывания сельскохозяйственных культур. Это приводит к созданию сравнительно однородной по структуре и свойствам почвенной среды.

Из таблицы видно, что в пахотном слое все свойства описываются нормальным законом распределения.

Проверка гипотез о нормальном распределении зольности, плотности, объемной массы, влажности торфа и необходимое количество их определений с ошибкой ε , не превышающей заданную

Наименование водно-физических свойств	Глубина, см	Среднее значение, м	Средне- квадра- тическое отклоне- ние σ	Коэф- фици- ент вариа- ции C_v	Коэф- фици- ент ассим- метрии C_s	Критерий Пирсона χ^2 (P=0,95) χ^2_{τ}	Повторность измерения	
							$\varepsilon=5\%$	$\varepsilon=10\%$
							P=0,90 P=0,95 P=0,90 P=0,95	P=0,90 P=0,95
Зольность, %	0-30	21,96	1,52	0,069	0,00	1,23	6	3
	30-50	12,61	1,27	0,101	1,23	4,72	11	3
	30-50*	13,15	-	0,038	0,93	0,85	12	3
Плотность, г/см ³	0-30	1,641	0,053	0,032	0,20	0,68	2	1
	30-50	1,582	0,083	0,052	0,21	0,35	3	1
Объемная масса, г/см ³	0-10	0,299	0,031	0,104	-0,46	2,58	12	3
	10-30	0,242	0,014	0,059	0,05	1,04	4	1
	30-50	0,187	0,009	0,049	-0,48	3,89	3	1
Влажность (июнь), г/г	0-10	1,753	0,235	0,134	-0,72	0,78	20	5
	10-20	2,417	0,232	0,096	-1,03	3,03	11	3
	20-30	3,323	0,309	0,093	-0,05	1,19	10	3
Влажность (октябрь), г/г	30-50	3,647	0,250	0,069	0,23	1,24	6	2
	50-70	3,620	0,235	0,065	-0,45	0,57	5	2
Влажность (октябрь), г/г	0-10	2,324	0,306	0,132	-0,62	0,93	9	7
	10-30	3,275	0,223	0,068	0,28	2,44	5	2
	30-50	4,497	0,190	0,042	0,56	2,62	2	1
Влажность объемная(октябрь), см ³ /см ³	0-10	0,695	0,049	0,071	-0,37	1,45	6	3
	10-30	0,782	0,030	0,038	-0,12	4,56	2	2
	30-50	0,842	0,020	0,024	-0,973	3,910	1	1

* Статистические параметры этого слоя почвы рассчитаны для логарифмически нормальной модели распределения.

Антропогенные воздействия привели к снижению уровня исходной неоднородности ^Ж). Коэффициент изменчивости C_v в пахотном слое по сравнению с подпахотным слоем снизился с 0,101 до 0,069, плотности с 0,052 до 0,032. Неоднородность остальных свойств с глубиной монотонно убывает.

Достаточно приемлемой причины, объясняющей логарифмически нормальное распределение зольности и объемной влажности в залежи естественного сложения у автора нет. Картина осложняется и различной по знаку асимметрией. Так, у зольности хорошо выраженная положительная асимметрия ($C_s = 0,93$), а у объемной влажности сравнительно высокая отрицательная асимметрия ($C_s = -0,97$).

Необходимо отметить, что объем выборки $n = 40$ в нашем случае не является достаточным для определения C_s генеральной совокупности с надлежащей точностью $/I/$. Однако знак асимметрии можно считать вполне установленным для данного природного объекта.

Наиболее хорошо изучено варьирование влажности почвы. В большинстве исследований приводятся противоречивые данные по закону распределения влажности как минеральных $/4-6/$, так и торфяных почв $/2/$. В нашем случае, как уже отмечалось выше, влажность описывается нормальным законом за исключением объемной влажности подпахотного слоя.

Сравнение данных по весовой влажности летнего и осеннего отбора позволило заметить, что C_v в слое 0-10 см остался на одном уровне, независимо от времени отбора и состояния влагообеспеченности, а для нижележащих слоев почвы в тех же горизонтах вместе с увеличением наблюдалось снижение коэффициента вариации абсолютных значений влажности. Так, в слое 30-50 см коэффициент вариации C_v для лета и осени составил 0,069 и 0,042 при соответствующем обратно пропорциональном изменении влажности: 3,647 и 4,497 г/г.

Это обстоятельство (что отмечал еще А.А.Роде $/7/$) позволяет сделать вывод о том, что важнейшим фактором вариации влажности в генетически однородном горизонте почвы является

^Ж) При этом предполагается, что уровень исходной неоднородности пахотного слоя в природном сложении был близок по значениям к подпахотному слою.

ся степень увлажненности почвы. В самом деле для верхнего 10-сантиметрового слоя почвы влажность близка по значениям к ВЗ и составляет 1,753 г/г при $C_v = 0,134$. С глубиной по почвенному профилю средние значения влажности увеличиваются и достигают в слое 50-70 см значения $W = 3,62$ г/г, чему соответствует $C_v = 0,065$. Эта зависимость (рисунок) аппроксимирована нами в виде уравнения регрессии:

$$C_v = 0,087 - 0,035 \cdot (W - 3,107),$$

где C_v - коэффициент вариации;
 W - весовая влажность, г/г.

Данное уравнение ($r = 0,93$), полученное по 320 значениям влажности, в диапазоне ВЗ-ПВ позволяет утверждать о наличии тесной связи между рассматриваемыми признаками и прогнозировать C_v для древесно-осоковых торфов выработанных месторождений (что весьма важно для назначения необходимой повторности измерения).

Знание законов распределения и их статистических параметров позволяет решить важную методическую задачу: определить необходимое количество измерений (определений) с заданными точностью ϵ и уровнем доверительной вероятности P изучаемых свойств (таблица).

Указанные расчеты проделаны нами для двух уровней доверительной вероятности - 0,90 и 0,95 с точностью 5% и 10% по Б.А. Доспахову /8/ - в случае нормального распределения и по формулам Ачисона-Брауна (по /9/) - в случае логарифмически нормального распределения.

При этом установлено следующее. Требуемая точность $\epsilon = 5\%$ при уровне доверительной вероятности $P = 0,95$ определения агрофизических свойств в большинстве сельскохозяйственных исследований /8,10/ не обеспечивается широко распространенной 3-5-кратной повторностью. Из таблицы видно, что такое количество определений обеспечивает точность $\epsilon = 10\%$ при $P = 0,90$. Для достижения рекомендуемой точности в нашем случае нужно 8-17 измерений зольности, 2-5-плотности, 4-17 - объемной массы, 7-29 - весовой влажности и т.д. С достаточной для практического использования точностью повторность определения зольности в зависи не-

нарушенного сложения можно рассчитывать по нормальной модели распределения, поскольку отличия в повторностях по обеим схемам распределения не существенны.

Объемная масса, влажность весовая (октябрь) и влажность объемная определялись по одним образцам и для них значения коэффициентов вариации характеризуют соотношение изменчивости свойств. Например, для определения объемной массы, весовой и объемной влажности с точностью 10% и $R=0,90$ в слое 0-10 см требуется повторность в соотношении 3:5:2 (в таком же соотношении находятся соответствующие S_v).

Отсюда следует, что для достижения одинаковой точности повторность определения этих и, очевидно, других свойств может быть различной и весьма существенно. Обращает на себя внимание сравнительно невысокая неоднородность плотности торфяной почвы и объемной влажности. Последнее обстоятельство представляет особый интерес в связи с тем, что определение влажности с одинаковой точностью при пользовании объемной влажностью дает возможность в 2-3 раза сократить необходимое число определений. Это позволяет для сокращения объемов измерения или повышения точности определения влажности (например, в воднобалансовых расчетах) пользоваться объемной влажностью.

Л и т е р а т у р а

1. Вентцель Е.С. Теория вероятности. - М.: Наука, 1969.
2. Статистические характеристики физических и химических свойств осушаемых торфяных почв. Аверьянов С.Ф., Шабанов В.В., Рудаченко Е.П. и др. Науч.тр./ МГМИ, 1974, т. XXXVI, с.37-41.
3. Маслов Б.С. О точности определения влажности торфа. Науч.тр./ ВНИИГиМ, т.44, М., 1964, с.30-35.
4. Гуссак В.Б. и др. Опыт исследования варьировемости влажности сероземов. - Почвоведение, 1967, №4, с.105-114.
5. Дмитриев Е.А., Сибуль Р.А., Самсонова В.П. Пространственная неоднородность влажности почв в ельнике волосистоосоковом. Вестник МГУ. Сер. Биологические науки, 1980, №9, с.100-106.
6. Орешкина Н.С. Статистическая характеристика некоторых физических свойств дерново-подзолистой почвы в различных био-

геоценозах. Вестник МГУ. Сер. Почвоведение, 1978, №1, с.26-34.

7. Роде А.А. Методы изучения водного режима почв. Изд.АН СССР, 1960.

8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. - М.: Колос, 1973.

9. Ильин Н.И. и др. Оценка точности определения водопроницаемости горных пород. - М.: Наука, 1971, -147 с.

Ю. Рокицкий П.Ф. Биологическая статистика. - Минск: Высшая школа, 1964.

И.Е.Амарантова, Г.Ю.Краснова, Н.В.Ратникова

О НЕОДНОРОДНОСТИ ВЛАГОЗАПАСОВ ПО ГЛУБИНЕ ТОРФЯНОЙ ПОЧВЫ*

Большинство физических свойств почв с глубиной снижают свою неоднородность, что приводит к более или менее закономерному изменению коэффициента вариации C_v . Это объясняется обычно тем, что на формирование неоднородности слоев, расположенных ближе к дневной поверхности, действует большее количество внешних факторов. С глубиной изменяется степень и интенсивность воздействия этих факторов, что и приводит к снижению C_v . Однако, как показано в [1,2], для разных свойств это уменьшение выражено различно, а для некоторых, например, для порозности, почти отсутствует.

Для влагозапасов, как правило, также характерно снижение C_v с глубиной. Так, по данным О.Ф.Попова [3] для черноземов (Полтавская обл.) получены следующие величины C_v (средние из 7 участков по 40-42 пробы на каждой глубине) (табл.1).

Т а б л и ц а 1.

Значения коэффициентов вариации C_v
для мощных среднесуглинистых черноземов

Глубина, м см	У ч а с т к и							Средние	
	1	2	3	4	5	6	7	C_v	
0-40	0,23	0,16	0,28	0,22	0,23	0,32	0,26	0,243	
40-100	0,11	0,13	0,27	0,12	0,25	0,25	0,35	0,210	
100-150	0,07	0,08	0,17	0,09	0,30	0,26	0,25	0,175	

* Работа выполнена под руководством проф.Ильина Н.И.

Почти идентичные данные можно найти в работе И.Д.Давлятшина и Р.А.Науменко /4/.

Пожалуй первым, получившим данные, не вполне подтверждающие рассмотренные выше материалы, был Ю.С.Мосей /5/, исследовавший водный режим дерново-подзолистых почв при дополнительном увлажнении многолетних трав. Приведем табл.2, составленную по его данным.

Т а б л и ц а 2
Предполивные влажности дерново-подзолистой почвы
(по Ю.С.Мосей)

Глубина, см	Количество замеров	W, мм	C _v
0-20	49	44	0,099
0-40	49	88	0,087
0-60	49	122	0,103
0-80	49	157	0,112
0-100	43	193	0,099

Отметим, что в экспериментах Ю.С.Мосей средние величины запасов влаги с глубиной снижались от слоя к слою.

Измерение влагозапасов на глубинах 0-10, 0-20 и 0-30 см были выполнены нами на торфянисто-глеевой почве (берега Иваньковского водохранилища близ п.Радченко Калининской области). Участок 120х80 м был отделен от водохранилища лишь полосой песчаного пляжа шириной около 10 м. Таким образом, на водный режим заболоченной территории влияли колебания уровня воды в водохранилище. Влагозапасы измерялись при помощи радиоизотопного влагомера ВПР-1 /6/. Принцип его действия основан на замедлении быстрых нейтронов водородом влаги, содержащейся в материале. Скорость счета медленных нейтронов пропорциональна влажности почвы. Глубинные измерения выполняют по скважинам, армированным обсадными трубами. Для измерений блок источника и блок детектора стыкуют байонетным соединением, образуя таким образом, глубинный зонд. Контрольно-транспортное устройство устанавливают на обсадной трубе, зонд из канала устройства вводит в скважину на заданную глубину и включают пульт.

Всего было выполнено по 30 измерений на каждой глубине. Как показала графическая обработка (опытные точки наносятся на клетчатку вероятностей Хазена), величины влагозапасов распределены в пространстве нормально. Аналогичные результаты получены В.А.Емельяновым и В.П.Масловым /7/.

Коэффициент вариации влажности находится в пределах от 0,1-0,3. Это позволяет оценить необходимое количество проб для получения результирующей оценки с заданной точностью и доверительной вероятностью. Например, при относительной ошибке $\varepsilon=0,1$ и доверительной вероятности $P=95\%$ необходимое количество проб будет составлять 4...35.

Наибольший интерес представляет распределение коэффициентов вариации по глубине. В отличие от рассмотренных выше результатов нами получено заметное увеличение коэффициентов вариации с глубиной (табл.3).

Т а б л и ц а 3
Коэффициенты вариации влагозапасов для низинного торфяника

Глубина, см	n	$\bar{W}$, мм	C
0-10	30	48,75	0,095
10-20	30	69,25	0,137
20-30	30	86,49	0,278
0-20	30	117,83	0,103
0-30	30	201,56	0,106

Можно предположить, что увеличение C_v с глубиной определяется деятельностью грунтовых вод, гидравлически связанных, как уже говорилось выше, с водами Иваньковского водохранилища. Колебание уровня грунтовых вод (на глубине 30-50 см) вместе с периодическим промерзанием способствует созданию более неоднородной структуры торфяника именно на этих глубинах.

Таким образом, о неоднородности влагозапасов в торфяных почвах (это в особенности относится к низинным торфяникам с грунтовым питанием) нельзя судить априорно, в каждом случае требуется специальное исследование.

Л и т е р а т у р а

1. Орешкина Н.С. Статистическая характеристика некоторых физических свойств дерново-подзолистых почв в различных биогеоценозах. Вестник МГУ. Сер. Почвоведение, 1978, №1, с.26-34.

2. Орешкина Н.С., Заблоцкий В.Р. Статистическое распределение и варьирование физических свойств лесной дерново-подзолистой почвы. - Почвоведение, 1977, №4, с.125-131.
3. Попов О.Ф. Изменение влажности черноземов при обваловании склонов. - Почвоведение, 1980, №9 с.120-129.
4. Давлятшин И.Д., Науменко А.А. О пространственном варьировании некоторых физических свойств темно-каштановых почв. Известия АН Каз ССР. Серия Биология, 1977, №4, 50-54.
5. Мосей Д.С. Водный и пищевой режим дерново-подзолистых почв при дополнительном увлажнении многолетних трав: Дисс.канд. техн.наук. МГМИ, 1980.-177с.
6. Емельянов В.А. Полевая радиометрия влажности и плотности почвогрунтов. - М.: Атомиздат, 1970. - 334 с.
7. Емельянов В.А., Маслов В.П. О пространственно-временной изменчивости влагозапасов почв орошаемых полей. - Почвоведение, 1982, №2, с.98-103.

В.М.Чупахин

АНАЛИЗ И УЧЕТ НЕОДНОРОДНОСТИ ПОЧВЕННО-ЛАНДШАФТНЫХ УСЛОВИЙ ЗЕМЕЛЬНОГО ФОНДА ПРИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИИ

Основные положения

Вопросам рационального сельскохозяйственного землепользования посвящены многочисленные работы. Тем не менее, одна из сторон этой проблемы - анализ и учет неоднородности почвенно-ландшафтных условий в типологическом и региональном плане - все еще остается недостаточно изученной и мало освещенной, особенно в специальной сельскохозяйственной литературе. На майском (1982г.) Пленуме ЦК КПСС указывалось на необходимость "...внедрения научно-обоснованной, хорошо продуманной системы земледелия, в полной мере учитывающей природно-экономические условия каждой зоны и области, каждого района, каждого хозяйства".

В связи с этим большое значение приобретают научные исследования неоднородности и изменчивости почвенного покрова с комплексных ландшафтно-географических позиций, дающие достаточно полную и всестороннюю информацию о природно-территориальных особенностях земельного фонда, свойствах и потенциальных возможностях земельных ресурсов.

Хорошо известно, что земельные ресурсы как средство производства функционируют во всех сферах деятельности человека. В отличие от других сфер, где земельные ресурсы играют пассивную роль, в сельском хозяйстве они являются материальным условием существования этой отрасли производства. Получение сельскохозяйственной продукции непосредственно связано с почвенным плодородием. Специфика сельскохозяйственного использования земельного фонда зависит от природных условий определенного места (района), что заставляет всесторонне изучать, анализировать и учитывать почвенно-ландшафтные региональные различия для научно обоснованной организации территории.

Анализ почвенно-ландшафтных условий в прикладных целях следует рассматривать как многофакторный и многофункциональный процесс, в особенностях которого отражаются комплексный характер оценки земельных ресурсов, необходимость разработки природоохранных мероприятий для разных видов землепользования и т.д. Систематическое рассмотрение вопросов методики анализа почвенно-ландшафтной неоднородности территории для ее научно обоснованной организации, совершенствование методик представляет не только научный интерес, но и является важным фактором в практике землепользования. Так, комплексная оценка почвенно-ландшафтных условий, полученная путем анализа отдельных природных компонентов или в целом ландшафта, служит природной основой для разработки межхозяйственного и внутрихозяйственного землеустройства, прогноза развития природной среды конкретного региона.

Основой для анализа почвенно-ландшафтных условий земельного фонда являются данные количественного и качественного учета. К сожалению, пока отсутствует единая система учета почвенно-ландшафтных региональных различий. Степень изученности почвенного покрова и ландшафтов в целом в разных районах весьма различна. Принципиально отличаются и существующие методы учета их в разных союзных республиках, различна и степень тематической природной картообеспеченности.

Поэтому одна из главных задач любых предпроектных изысканий для целей рационального землепользования - дать по имеющимся фондовым материалам или обновленным данным (в итоге нового

обследования) четкое и объективное представление о разнообразии почвенно-ландшафтных условий конкретной территории. При этом надо привести не только количественные сведения о земельном фонде (продуктивности, возможности обогащения территории данным ресурсом при проведении тех или иных мелиоративных мероприятий и т.д.), но и указать на тенденции изменения его запасов (в сторону увеличения или уменьшения), качественного состояния при вероятном направлении развития хозяйства.

Способы использования почвенно-ландшафтных ресурсов во многом зависят от их сочетания. Например, указывая на возможности освоения новых земель, важно определить не только прямые выгоды от земледелия, но и предостеречь от ошибок - применения методов земледелия, способствующих развитию эрозии почв, дефляции и т.д. К сожалению, не всегда плановые и хозяйственные органы представляют себе, сколь велики сохранившиеся запасы того или иного вида естественных ресурсов, каково их качество, в какой мере доступны они для эксплуатации, с какого момента балансовое сальдо становится отрицательным и чем это грозит, а если и представляют, то не всегда знают, как прекратить "перерасход" естественного плодородия ресурса. Поэтому высказывания специалистов в предпроектных проработках о возможных путях улучшения учета и использования почвенно-ландшафтных ресурсов могут принести большую пользу при разработке соответствующих мероприятий и проектов.

Анализируя почвенно-ландшафтные условия земельного фонда конкретной территории для целей сельскохозяйственного землепользования, надо учитывать, кроме положительного или отрицательного влияния антропогенных факторов, естественные тенденции развития ландшафтных комплексов. Последние воздействуют сравнительно медленно, но весьма ощутимо (изменения климата и влагооборота, динамичность границ природных ландшафтов и др.). Рациональным, благоприятным можно считать такое антропогенное воздействие, при котором обеспечивается правильный ресурсоборот, то есть расширенное воспроизводство возобновляемых природных ресурсов (почвенного плодородия, растительности, полезных животных), удовлетворяющих потребности населения и растущего производства.

Природное обоснование (предпосылки) разработки тех или иных мероприятий и проектов должны содержать в себе предложения и рекомендации по улучшению использования земельных ресурсов, путях и возможностях извлечения из них новых продуктов. При этом речь может идти как о небольших мероприятиях в рамках отдельных хозяйств или районов и доступных уже в настоящее время, так и о капитальных проектах более отдаленного будущего.

При оценке природных условий земельного фонда должны изучаться все природные компоненты в их взаимосвязи и комплексные природно-территориальные (ландшафтные) различия. Все это вместе составляет содержание специальных обследований, иначе природную основу для организации рационального сельскохозяйственного землепользования с осуществлением различных мелиоративных мероприятий.

Анализ и учет геоморфологических, гидрогеологических и климатических условий

Условия землепользования и землеустройства в пределах каждого морфогенетического типа рельефа определяются совокупностью преобладающих уклонов поверхности, густотой и глубиной расчлененности рельефа. Для определения этих показателей, в первую очередь, анализируется и оценивается план землепользования с горизонталями и топографические карты. Важно иметь специальные морфометрические карты глубины, густоты расчленения и уклонов поверхности. В случае отсутствия названных карт, они могут быть составлены почвоведом или землеустроителем по существующим современным методикам.

Особенно важное значение, например, для разработки правильного проекта севооборотов на территории, ирригационных систем имеют карты уклонов поверхности. В прямой зависимости от уклонов рельефа находится развитие эрозионных процессов, экономическая целесообразность планируемых мероприятий, вид использования земельных угодий и т.п. Оценка территории по уклонам поверхности нужна, в первую очередь, при определении конфигурации полей, размещения полевых дорог, защитных лесных полос и при выяснении особенностей внутрихозяйственного землеустройства.

Например, дождевание возможно на территории с уклоном поверхности менее 0,05, полив по полосам и бороздам - от 0,0002

до 0,005, затоплением - менее 0,005. Максимальное значение уклонов, при котором возможно вообще ирригационное освоение территории, является уклон 0,05. Уклонами более 0,05 характеризуются склоны гор, высоко поднятые структурно-денудационные возвышенные равнины, крутые правые склоны долин рек и др. Уклон 0,002 в ирригации определяет границу возможного применения способов полива по полосам и бороздам, а также зону оптимального по условиям рельефа развития рисосеяния. Весьма пестрые уклоны наблюдаются на междуречных пространствах: уклоны 0,02-0,05 характерны для пологих склонов увалистых равнин, уклоны от 0,02 до 0,002 имеют предгорные наклонные равнины (от максимальных величин в верхних частях равнин до минимальных в нижних) и т.д.

Показатели густоты и глубины расчленения рельефа играют важную роль в определении естественной дренированности территории, обеспеченности её источниками орошения, условий проведения каналов, высоты водоподъема и т.д. Обеспеченность территории поверхностными водами характеризует показатель расчленения территории гидрографической сетью. Например, густота расчленения предгорных наклонных равнин Северного Кавказа $1,5 \text{ км/км}^2$. Слабо развита гидрографическая сеть в пределах Ставропольского края ($0,5 \text{ км/км}^2$), менее $0,1 \text{ км/км}^2$ на Прикаспийской равнине и т.д. Среди низменностей наиболее хорошо дренированы повышенные участки (от 50 до 150 м), пересекаемые балками или долинами малых рек (надпойменные террасы в долинах Волги, Дона, Кубани, Терека и др.).

Поскольку поля севооборотов располагаются в основном в пределах какого-либо одного морфогенетического типа рельефа, то при выборе участков важно учитывать показатели расчленения внутри них. Например, плоские междуречья и пологие склоны являются основными пахотопригодными угодьями всех типов рельефа возвышенных равнин и, следовательно, при наличии водных ресурсов они могут составить их ирригационный фонд.

Наряду с морфометрическими характеристиками рельефа важную роль в оценке пригодности территории для сельскохозяйственного освоения играют литолого-геоморфологические особенности. Напомним, что важнейшими свойствами литологического состава пород пахотопригодных территорий являются водопроницаемость и

просадочность. Последние, в зависимости от того, в каком типе рельефа развиты те или иные отложения, проявляются по разному, что в значительной степени определяет перспективность использования территории и те мероприятия, которые необходимо при этом запланировать.

Поэтому при обследовании земельного фонда необходимо анализировать и давать не только общую геоморфологическую характеристику территории, но и приводить описание основных генетических типов и форм рельефа, современных геоморфологических процессов (оползни, просадочные явления, заболачивание и др.). Основными материалами для этого могут служить карты: геологическая, геоморфологическая, фондовые текстовые описания геолого-геоморфологических условий районов.

Весьма существенную роль при научно обоснованной организации территории играют также местные гидрогеологические условия. В предпроектных землеустроительных проработках должны учитываться материалы гидрологической стратификационной схемы — характеристики водоносных толщ. Последние обычно даются по следующей обобщенной схеме: приуроченность водоносных горизонтов к тем или иным геологическим образованиям, глубина залегания уровня грунтовых вод и уровней напорных (артезианских) вод, водообильность водных горизонтов, характеризующаяся дебитами скважин, родников и колодцев; химический и бактериологический составы подземных вод и оценка их качества; особенности уровенного и химического режимов по данным сезонных, годовых и многолетних наблюдений; условия существующего водоснабжения и перспективы его расширения с конкретными рекомендациями.

Материалами указанных характеристик служат серии гидрогеологических карт масштаба 1:500 000; 1:200 000 и 1:100 000, составляемых территориальными геологическими управлениями. Анализ карт распространения водоносных горизонтов и водоупоров, глубин залегания, общей минерализации и химического состава грунтовых вод дает возможность оценить с точки зрения гидрогеологических условий степень пригодности территории того или иного района для сельскохозяйственного освоения.

Гидрогеологические условия в различных типах рельефа имеют свои особенности. Например, в долинах горных рек и на наклонных равнинах грунтовые воды приурочены к аллювиальным песчано-

валуно-галечниковым отложениям. Питание их осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, речных вод, разгрузки грунтовых вод делювия и инфильтрации ирригационных вод. Морские же, например, наклоненные террасированные равнины типа Каспийской характеризуются несколько иными гидрогеологическими условиями. В приморской полосе, где реки не доходят до моря, создается бессточный бассейн грунтовых вод, благодаря встречным инфильтрационным морским водам, с близким залеганием (1-2 м) и высокой минерализацией (более 100 г/л). Основные возможные для орошения массивы земель в пределах таких равнин приурочены к дельтам и конусам выноса, образуемым водопроницаемыми гравийно-галечниковыми отложениями с глинисто-суглинистым покровом.

Учет гидрологических особенностей земельного фонда проводится по материалам Гидрометслужб, приводимым в различных справочниках по водным ресурсам, а также по данным наблюдений других ведомств и организаций. Полевые гидрологические работы, реконсцировочное обследование на стадии предпроектных разработок организуются при отсутствии или недостаточности материалов, необходимых для гидромелиоративной оценки территории. Состав и объем работ обосновывается соответствующей программой.

Важным показателем при оценке перспективности той или иной территории для орошения является оросительная способность рек. Например, водами Волги можно оросить все пригодные для ирригации земли в пределах ее бассейна, р.Дон в состоянии оросить лишь 1,1 млн.га из имеющихся 1,8 млн.га пригодных для ирригации земель, Кубань - 1,3 млн.га из имеющихся 2,5 млн.га пригодных для ирригации земель и т.д.

Для оценки водных ресурсов при межхозяйственном землеустройстве необходимо иметь данные водного баланса хотя бы по крупным бассейнам (осадки, отток, испарение). Важно знать запасы почвенной влаги, ее сезонную динамику, степень благоприятности для полезной растительности, влияние сельского хозяйства на водный баланс территории, число рек, расходы воды по главным бассейнам, пригодность рек для водоснабжения и орошения, чистота воды в реках, фактическое использование рек в различных отраслях народного хозяйства. Следует также приводить аналитическую характеристику водоемов, их число, размеры, глубины, объ-

ем, колебания уровня воды, физические и химические характеристики воды, пригодность и фактическое использование озер для регулирования стока рек, водоснабжения населенных пунктов, использования в сельском хозяйстве.

Учет климатических условий производится по данным наблюдений и обработки материалов непосредственно метеорологических станций, находящихся в районах обследования. Важно выявить основные климатические особенности рассматриваемой территории: степень континентальности и засушливости климата, высотную климатическую зональность и т.д.

Анализируя климатические ресурсы для научно обоснованной организации территории, следует уделять основное внимание тем метеорологическим элементам, процессам и явлениям, которые оказывают непосредственное влияние на сельскохозяйственное производство. Важно знать радиационный и тепловой баланс территории, степень их соответствия с водным балансом, возможности увеличения процента использования пахотопригодных земель путем уплотнения посевов и посадок, удлинения вегетационного периода (смена культур с разными сроками сева и созревания, занятые пары, пожнивные культуры и т.п.).

Не менее важно попытаться дать прогноз влияния крупных изменений, происходящих на земной поверхности (распашка целины, сведение лесов, создание водохранилищ, полесозащитное лесоразведение и т.д.), на климатические процессы: колебания температуры, влажность воздуха, количество и режим осадков, повторяемость туманов и заморозков. Приводимые сведения по климатическим особенностям территории даются обычно в виде текстовых характеристик, графиков, картосхем.

Анализ и учет почвенно-мелиоративно-геоботанических условий

При организации сельскохозяйственного землепользования в обязательном порядке анализируются и учитываются материалы почвенно-геоботанического обследования земельного фонда (карты различной детальности и объяснительные записки к ним).

При почвенных обследованиях рекомендуется следующая классификация почв: тип, подтип, род, вид, разновидность и группа почв.

Тип почв самая крупная таксономическая единица почвенного картографирования, характеризующаяся общностью почвообразовательного процесса, физико-химических свойств и естественного плодородия. Например, черноземы, сероземы, подзолистый тип и др. Подтипы являются вариантами типа, отличающимися от него степенью выраженности основного процесса почвообразования. Например, выщелоченные черноземы и т.д.

Род почв показывает их особенности, связанные с химическим составом грунтовых вод и свойством почвообразующих пород. Например, чернозем (тип), обыкновенный (подтип), солонцеватый (род).

Вид выражает количественную характеристику определенных свойств почв в пределах рода. Например, маломощные черноземы, мощные (то есть с глубоким гумусным профилем) и т.д.

Разновидность почв определяется по различиям в механическом составе (песчаная, супесчаная, глинистая и т.д.), а группу почв обуславливают характер породы, на которой сформировалась данная почва.

Почвенно-мелиоративные условия того или иного типа почв в разных природно-географических регионах весьма различны, в силу влияния на эти условия целого ряда природных факторов. По существу все типы почв умеренного пояса пригодны для орошения, хотя при этом необходимы различные агро-мелиоративные мероприятия. Бесперспективны в этом отношении лишь развеваемые и слабо закрепленные пески, сильно засоленные слабодренированные территории.

В ходе выявления почвенно-мелиоративных условий территории необходимо иметь площади почв по основным их классификационным единицам, агрохимическую характеристику почв, пригодных для земледелия, площади пораженные эрозией, дефляцией, оползнями, засолением, заболачиванием и т.д. Очень важно раскрыть причины вредных процессов, тенденции их развития на ближайшее будущее и указать основные меры борьбы с ними. Не менее важно определить перспективные площади для сельскохозяйственного освоения и требуемые для мелиорации, а также потери земли, вызванные затоплением под водохранилища, постройкой промышленных предприятий и городов.

Анализ геоботанических условий проводится по картам, характеризующим растительность крупных природных регионов, и данным собственно геоботанических съемок (паспортизации лугов и пастбищ). В дополнение к рекомендациям по геоботаническому обследованию, имеющихся в различных справочниках по землеустройству, укажем на следующие. Кроме площади пастбищ и сенокосов, следует давать деление естественных кормовых угодий по положению в рельефе (суходольные, пойменные, горные и т.д.), по сезонности, по относительной пригодности для тех или иных видов скота, по кормовому достоинству (продуктивности). Важно устанавливать связь качественных показателей естественных кормовых угодий с водным и тепловым балансом, с рельефом и субстратом, отмечать дефекты кормовых угодий (скотобой, засоренность сорными и ядовитыми растениями), определять возможности и целесообразность трансформации естественных кормовых угодий в пашню.

Сельскохозяйственное землепользование и трансформация ландшафтов

Сельскохозяйственные мероприятия с каждым годом возрастают по масштабу и глубине воздействия их на естественные ландшафты. Особенно наглядно прямые воздействия проявляются в области фитосферы (замена одного типа растительности другим, более продуктивным; выведение новых форм и сортов растений и т.д.). Косвенные воздействия проявляются в основном через почву и микроклимат. Сюда относятся орошение и осушение, полесажитные лесные полосы, различные приемы агротехники и другие формы хозяйственной деятельности.

С проведением оросительных и осушительных мелиораций существенно изменяется влагооборот, внутренняя структура ландшафтов или природных видов земель /1/. Установилась четкая тенденция трансформации природных ландшафтов: замена естественных угодий искусственными с целью получения необходимых продуктов питания. Замена лесов пашнями и лугами одно из самых широко распространенных трансформирующих мероприятий в современном сельскохозяйственном землепользовании. Не менее распространенной трансформацией в современном землеустройстве является замена заболоченных земель и болот пашнями и лугами. Здесь очень важно принимать во внимание сохранение оптимальных удельных соот-

ношений болот, лесов, лугов и пашни. Например, где мало болот и заболоченных земель по сравнению со всеми площадями других видов природных угодий, осушительные мелиорации незначительно повлияют на изменение местного климата. Можно сказать, что количество атмосферных осадков после осушения болот на небольших площадях не меняется, так как замена одной травянистой формации другой практически не изменяет шероховатости поверхности. Мало изменяются и условия накопления снега, если вместо болот появляются поля культурных растений. Но здесь очень важно принимать во внимание, какие культурные растения предполагается возделывать на осваиваемых болотных почвах. Нельзя не учитывать также особенности болотных микроландшафтов до их осушения (гидрологические условия, характер растительного покрова и др.).

Иными словами трансформация естественных ландшафтов при научно обоснованной сельскохозяйственной организации нуждается в дифференцированном учете будущих последствий. Она должна основываться при этом на знании регионально-ландшафтных особенностей влагооборота конкретных территорий до и после замены одного вида природных угодий другим / 3 /.

Таким образом, сохранение оптимальных условий в природной среде и увеличение сельскохозяйственной продукции немислимо без углубления всесторонних, фундаментальных исследований неоднородности и изменчивости почвенно-ландшафтных условий с учетом влияния антропогенной деятельности. В связи с этим должны продолжаться научно-производственные исследования по тематическому природному (особенно почвенно-ландшафтному) картографированию и комплексному природно-сельскохозяйственному районированию земельного фонда страны.

Для практического решения задач оптимизации сельскохозяйственного землепользования в конкретных зонах и районах сельскохозяйственные и планирующие органы на разных уровнях (от Госплана до хозяйства) должны быть обеспечены, например, почвенными картами масштаба 1:100 000 по горным и 1:25 000 по равнинным территориям. Или, например, для уточнения существующей сельскохозяйственной специализации (соответствия или несоответствия сложившейся специализации с местными особенностями природных условий), разработки новых систем ведения сельского хозяйства крайне нужны карты подробного комплексного природно-сель-

скохозяйственного районирования масштаба 1:100 000. На таких картах объектами показа являются природно-сельскохозяйственные районы и составляющие их группы, виды земель (ландшафтов), которых на территории нашей страны насчитывается десятки тысяч.

И, наконец, нет надобности доказывать, что каждое крупное хозяйство площадью в 10-15 тыс. га представляет собой по почвенно-ландшафтным условиям, разнообразию сельскохозяйственных угодий весьма сложный природно-территориальный комплекс, элементы которого чутко реагируют на все антропогенные хозяйственные нагрузки, изменяясь в пространстве и во времени. Поэтому, как пишет В.А.Ковда, "...в сельском хозяйстве опасны трафареты, обезличенные стандарты" (/2/, с. 100). Особенно важен индивидуально-типологический аспект исследований на основе комплексного ландшафтно-геохимического подхода к территории с учетом ее геоморфологических, гидрогеологических, почвенно-мелиоративных условий и особенностей каждой группы, вида или типа земель (ландшафтов). Только обоснованный почвенно-ландшафтный анализ территории позволит устанавливать оптимальные соотношения пашни, лесов, болот, пастбищ, сенокосов, заповедников, размещение населенных пунктов и т.д.

Проект структуры методических рекомендаций прикладного анализа и учета почвенно-ландшафтной неоднородности земельного фонда

Если не учитывать при организации сельскохозяйственного землепользования существующих взаимосвязей в природе, влияющих на производительность земель и качественное состояние почвенно-ландшафтных условий, то неизбежно возникновение ошибок, влекущих за собой проявление отрицательных процессов и непроизводительные затраты. Вот почему особое место в землеустройстве должны занимать его природные основы, знания которых необходимы специалистам для научно обоснованной организации территории. К сожалению, почвенно-ландшафтные условия при землеустройстве все еще характеризуются с неодинаковой полнотой и привлечением устаревших методических приемов и материалов.

В современный период научно-технического прогресса землеустроители приходится иметь дело с основами целого комплекса естественных наук: геоморфологии, гидрогеологии, метеороло-

гии, почвоведения, геоботаники, ландшафтоведения, картографии и др. В задачи современного землеустройства входит и забота о сохранении природного потенциала земельных ресурсов, улучшении почвенного плодородия. В связи с этим возникает объективная необходимость больше обращать внимания на взаимоотношения человека с природой, на изучение круговорота веществ в биосфере и основных закономерностей почвенно-ландшафтной дифференциации в разных природных зонах, провинциях, районах и каждого конкретного хозяйства.

С особенностями проявления почвенно-ландшафтной неоднородности и протекания природных геохимических и биофизических процессов в ландшафтах должна быть строго увязана система земледелия, специализация хозяйств, агротехника, структура посевных площадей и сельскохозяйственная мелиорация. Иными словами, перед специалистами, организующими современное сельскохозяйственное землепользование территории, возникает множество задач в области оптимизации природной среды, то есть установлении сбалансированного отношения между эксплуатацией, консервацией и мелиорацией (улучшением) земельного фонда. Подход здесь должен быть строго географически дифференцированным с учетом почвенно-ландшафтных различий, особенностей конкретных регионов и составляющих их естественных и антропогенных сельскохозяйственных ландшафтов.

В связи с вышесказанным, назрела необходимость разработки общих методических рекомендаций по изучению, анализу, учету почвенно-ландшафтной неоднородности земельного фонда при организации сельскохозяйственного землепользования. Такие рекомендации должны определять основные методические положения (принципы), методику, порядок и содержание работ по прикладному анализу и учету природных условий при разработке республиканских, областных схем комплексного использования земельных ресурсов и индивидуальных землеустроительных проектов. Общие методические рекомендации могут быть использованы в качестве основы для разработки региональных положений анализа и учета почвенно-ландшафтной неоднородности земельного фонда по отдельным природно-сельскохозяйственным зонам или крупным административно-территориальным единицам (например, по Нечерноземной зоне, Северному Кавказу и т.д.).

Общие и особенно региональные рекомендации могли бы удовлетворить в методическом отношении потребности местных, республиканских, областных, районных сельскохозяйственных и плановых организаций в получении материалов о почвенно-ландшафтной неоднородности. На основании этих материалов можно уточнять специализацию и совершенствовать организацию сельскохозяйственного производства с учетом современных достижений науки.

Ведущими исполнителями по анализу, учету и оценке почвенно-ландшафтной неоднородности должны быть республиканские проектные институты по землеустройству - Гипроземы. Эти институты, их филиалы и экспедиции в период почвенно-геоботанического обследования земельного фонда могут выполнять и весь комплекс полевых, камеральных работ, связанных с выполнением данных рекомендаций. Правда, для этого в составе институтов "Типрозем" должны быть созданы специализированные группы (отряды).

Л и т е р а т у р а

1. Аппатьев А.М. Влагообороты в природе и их преобразования. - М., 1969.-822с.
2. Ковда В.А. Почвенный покров, его улучшение, использование и охрана.-М., 1981. - 181с.
3. Чулахин В.М. Современное землепользование и трансформация ландшафтов. Сб. науч. тр. Природоохранные мероприятия в ландшафтах.- М., 1982, с.3-9.

И.П.Брысова,Т.И.Костякова

О КАРТИРОВАНИИ ПЕРЕУВЛАЖНЕННЫХ ПОЧВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕРИАЛОВ АЭРОФОТОСЪЕМКИ

(на примере совхоза "Калининский" Рославльского района
Смоленской области)

Решения XXVI съезда КПСС, постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР "О мерах по дальнейшему развитию сельского хозяйства Нечерноземной зоны РСФСР" и "Продовольственная программа СССР" предусматривают рациональное использование земельного фонда Нечерноземья, значительную площадь которого занимают почвы разной степени переувлажнения.

Только в Смоленской области переувлажненных и заболоченных земель насчитывается 920 тыс. га (37% площади сельскохозяйственных угодий). Для повышения продуктивности этих угодий применяются осушительные мелиорации. Это требует изучения состояния переувлажненных земель, контроля за масштабом и качеством мелиоративных работ, оценки изменений почвенного и растительного покрова под влиянием осушения.

Большую помощь в проведении и ускорении этих работ может оказать использование материалов аэрофотосъемки.

В настоящее время использование материалов аэрофотосъемки при картировании почв в производственных условиях пока еще не имеет широкого применения, частично из-за их стоимости и недостаточно высокого качества, частично из-за неразработанности методики дешифрирования.

В настоящей работе рассмотрены возможности применения аэрометода для крупномасштабного картирования почв разной степени увлажненности в Рославльском районе Смоленской области.

Большая часть района располагается в пределах Остерско-Деснинской аллювиально-зандровой равнины. Почвообразующие породы представлены, в основном, флювиогляциальными песками и супесями, реже валунными или покровными суглинками. Флювиогляциальные пески часто на малой глубине подстилаются мореной, отчего на территории района широкое развитие приобретают глеевые процессы. Преобладают здесь песчаные и супесчаные почвы дерново-подзолистого типа с различной степенью оглеения и большой долей участия торфяно-подзолистых почв и торфяников. Верховные болота редки, преобладают низинные, приуроченные к поймам рек. Распаханность района 30-35%. Под дугами находится около 20% площади, основную массу лугов составляют суходольные, низинных лугов мало, значительно больше распространены пойменные дуга /4/.

Типичными для этих условий являются земли совхоза "Калининский", расположенного в 5 км от г. Рославля, на территории которого и производилось картирование почв в масштабе 1:10 000 с применением аэрофотоматериалов.

Исходными материалами служили черно-белые аэрофотоснимки масштаба 1:15 000, выполненные весной.

Предварительно в камеральных условиях на аэрофотоснимках

без особых затруднений выделяются следующие виды почв:

низинные торфяники по их приуроченности к окраинам мелких озер, свальной форме контуров, темновато-серому фону и мелко-крапчатому рисунку;

торфяники низинные среднемошные, расположенные по окраине низинных болот в приозерных понижениях, имеющие более светлую окраску, округлую или вытянутую форму, мелкокрапчатый рисунок;

дерново-подзолистые поверхностно-глееватые почвы на делювии, занимающие плоские предбалочные понижения и днища балок;

дерново-подзолисто-глеевые супесчаные на морене в нижних частях водораздельных склонов под лесом из сосны, осины, ели. Тон этих почв на аэроснимках темновато-серый, примесь к сосне таких требовательных пород как осина и ель свидетельствует о двучленности отложений;

дерново-подзолистые с признаками поверхностного оглеения легкосуглинистые на морене, располагающиеся в верхних частях пологих водораздельных склонов. Они характеризуются ровным светло-серым тоном со следами распашки;

комплекс пойменных болотных иловато-глеевых и торфяно-глеевых почв на речном аллювии (выделить по данным аэрофотоснимкам границы отдельных почвенных разностей не представилось возможным).

Проверка в полевых условиях подтвердила правильность определения и выделение границ перечисленных почвенных разностей.

Таким образом на территории совхоза в камеральных условиях надежно было отдешифровано около 10% переувлажненных почв.

Однако возможности применения материалов аэрофотосъемки для камерального дешифрирования почв избыточного увлажнения могут быть значительно увеличены при более широком использовании комплексного метода с учетом места, занимаемого почвой в системе внутриландшафтных связей.

С этой целью был проведен анализ природных связей, существующих между почвами разной степени переувлажненности и различными элементами рельефа, растительными ассоциациями, характером почвообразующих пород, типом увлажнения, видом сельскохозяйственного использования. Полученные результаты приведены в таблице.

Связь между почвами и другими компонентами ландшафта

Рельеф	Почва	Растительность	Угодье	Дешифровочные признаки
1	2	3	4	5
Водораздел	Дерново-среднеподзолистые с признаками поверхностного оглеения супесчаные на морене	-	Пашня	Тон светло-серый с чередованием белых пятен (очаги дефляции), рисунок полосчатый
То же	То же	Душистоко-лосковые и мятликовые ассоциации	Пастбище	Тон светло-серый, рисунок бесструктурный
Понижения на водоразделе	Дерново-сильноподзолистые поверхностно глеевые супесчаные на водноледниковых песках	Щучково-бе-лоусовые ассоциации	Пастбище	Тон светло-серый, рисунок пятнистый
То же	Торфяники и маломощные	Сосна, камыш	Лес	Тон ровный, темно-серый, рисунок зернистый
Верхняя часть водораздельных склонов	Дерново-сильноподзолистые со следами поверхностного оглеения, легкосуглинистые на морене	-	Пашня	Тон светло-серый однородный, рисунок полосчатый
То же	Дерново-среднеподзолистые со следами поверхностного оглеения супесчаные на морене	Тонкополе-вичные и мятликовые ассоциации	Пастбище	Тон светло-серый, рисунок бесструктурный
Средняя часть водораздельных склонов	Дерново-сильноподзолистые со следами поверхностного оглеения супесчаные на песках, подстилаемых мореной	-	Пашня	Тон светло-серый, наличие светлых пятен, рисунок полосчатый
Средняя часть водораздельных склонов	Дерново-сильноподзолистые со следами поверхностного оглеения супесчаные на песках, подстилаемых мореной	Сосняки зеленомошники и черничники	Лес	Тон темновато-серый, рисунок зернистый, форма крон сферическая, дальняя

Продолжение табл.

1	2	3	4	5
То же	Дерново-сильноподзо- листые поверхностно глеевые супесчаные на морене	Тонкополе- вичные и белоусовые ассоциации	Паст- бище	Тон светло-серый, рисунок пятни- стый
--	Дерново-среднеподзо- листые с признаками поверхностного огле- ения супесчаные на водноледниковых песках	Душистоко- лосковые и мятликовые ассоциации	Паст- бище	Тон светловато- серый, рисунок однородный, бес- структурный
Нижние части водоераз- дельных склонов	Дерново-среднеподзо- листые поверхностно глееватые супесчаные на водноледниковых песках, подстилаемых мореной	-	Пашня	Тон темновато- серый со свет- лыми пятнами, рисунок пестрый
То же	То же	Ельники зе- леномошники	Лес	Тон темно-серый, рисунок зерни- стый, форма крои конусовидная
--	Дерново-сильноподзо- листые поверхностно глеевые супесчаные на водноледниковых песках, подстилаемых мореной	Щучковые ассоциации	Паст- бище	Тон светло-серый, рисунок мелко- пятнистый
--	Дерново-сильноподзо- листые поверхностно глеевые супесчаные на песках, подстилае- мых мореной	Ельники ле- щиново-чер- ничниковые	Лес	Тон серый, рису- нок крапчатый
--	Дерново-сильноподзо- листые глубокогле- евые супесчаные на водноледниковых пе- сках, подстилаемых мореной	Щучково- осоковые ассоциации	Паст- бище	Тон серый, рису- нок пятнистый
Запад- ны в нижних частях склонов	Болотные иловато- глеевые	Камышовые и тростни- ковые ASSO- циации	Болото	Тон темно-серый, рисунок неоднo- родный, скрыто- пятнистый
Днища балок	Дерново-сильноподзо- листые поверхностно глеевые супесчаные на делювии	Осоково-щучко- вые и бело- усовые ASSO- циации	Паст- бище	Тон светлый, рисунок пятнистый

1	2	3	4	5
То же	Дерново-овражнобалочные глубоко глеевые на делювии	Осоково-щучковые ассоциации	Сенокосы	Тон темный, рисунок однородный, бесструктурный, следы сенокосения
Прирусловая часть поймы	Пойменные дерновые слоистые глееватые легкосуглинистые на аллювии	Разнотравно-щучковые ассоциации	Сенокосы	Тон темно-серый, рисунок бесструктурный, однородный, следы сенокосения
Центральная часть поймы	Пойменные дерновые торфяно-глеевые легкосуглинистые на аллювии	Осоково-щучковые ассоциации	Сенокосы	Тон серый, рисунок однородный, бесструктурный, следы сенокосения
То же	Пойменные болотные торфяно-глеевые на аллювии	Камыш, тростник	Болото	Тон темный с черными пятнами (вода), рисунок бесструктурный с мелким крапом (являк)
Притеррасная часть поймы	Пойменные дерновые мощные с признаками оглеения суглинистые на аллювии	Осоково-разнотравные ассоциации	Сенокосы	Тон темно-серый, рисунок однородный, бесструктурный
То же	Торфянисто-перегнойно-глеевые на аллювии	Черная ольха	Болото	Тон темно-серый с темными пятнами, рисунок крапчатый
Приозерные понижения	Торфяники низинные	Черная ольха, ява, камыш	То же	Тон темновато-серый, рисунок мелкокрапчатый, в центре темное пятно (вода). Форма контуров овальная
То же	Торфяники низинные среднеспособные	Черная ольха, береза, осоки	—	Тон серый с темным пятном в центре. Форма контуров овальная, иногда вытянутая.

По степени и характеру увлажнения почвы хозяйства можно отнести к категориям: а) кратковременного избыточного увлажнения (слабо глееватые, поверхностно-глееватые и грунтово-глеева-

тые); б) длительного избыточного увлажнения (поверхностно-глеевые и грунтово-глеевые); в) постоянного избыточного увлажнения (илувато-глеевые, торфяно (торфянисто) перегнойно-глеевые, торфяники низинные; г) увлажняемые паводковыми водами (пойменные дерново-глееватые, глеевые и пойменные болотные).

Почвы временного избыточного увлажнения обычны на плоских вершинах невысоких холмов, на верхних и средних частях водораздельных склонов, почвы длительного избыточного увлажнения тяготеют к междоумовым понижениям, к нижним частям склонов и днищам балок. Почвы постоянного избыточного увлажнения приурочены к наиболее глубоким западинам и приозерным понижениям. В различных частях речных пойм развиты почвы, увлажняемые паводковыми водами.

Наиболее сложным является вопрос о возможности дешифрирования переувлажненных почв пахотных угодий. В этом случае использование прямых признаков (тона, рисунка) как правило не дает четко выраженных различий, поэтому наиболее надежным признаком будет их приуроченность к различным элементам рельефа.

Легче определяются почвы кормовых угодий, сенокосов и пастбищ, которые представлены, в основном, суходольными и заливными лугами. Суходольные луга занимают понижения на водоразделах, а также средние и нижние части водораздельных склонов с дерново-средне- и сильноподзолистыми глееватыми и глеевыми почвами.

Сенокосы занимают, в основном, пойменные земли и представлены осоково-разнотравными, осоково-щучковыми и разнотравно-щучковыми группировками на аллювиальных дерново-глеевых почвах.

Пойменные торфяно-глеевые почвы покрыты тростником и камышом (зарастающие старицы). Определяющие признаки: темный неоднородный тон с беспорядочно разбросанными участками мелкого крапа (кусты ивняка), часто черные пятна воды в центре контуров обычно вытянутой формы. Торфяники маломощные встречаются на неглубоких плоских понижениях водораздельных участков, обычно покрыты мелким основым редколесьем и зарослями камыша. Рисунок зернистый, тон ровный, темно-серый. Торфяники низинные обычные вокруг зарастающих озер, растительность представлена черной ольхой, ивой, камышом. Тон темновато-серый, форма контуров овальная, в центре темные пятна воды, рисунок мелкокрапчатый.

Большую площадь на территории района занимают леса. Только в совхозе "Калининский" на их долю приходится около трети всей площади землепользования. Они занимают участки, неудобные для сельскохозяйственного использования в средних и нижних частях склонов, западины и днища лощин на дерново-сильно- и среднеподзолистых глееватых и глеевых почвах. В основном леса представлены сосняками-зеленомощниками, черничниками, ельниками-черничниковыми и сложными (лещиново-черничниковыми и дубово-черничниковыми). При этом сосняки приурочены к более сухим верхним и средним частям склонов, где почвы носят следы поверхностного оглеения, а ельники - к глееватым и глеевым почвам средних и нижних частей склонов. Характеризуясь в основном темновато-серым тоном и зернистым рисунком, эти породы хорошо различаются под стереоскопом по форме крон и падающих теней.

Таким образом, дешифрирование переувлажненных почв рациональнее всего вести по геоморфологическим условиям. Используя стереоскопические приборы и стереопары аэрофотоснимков, можно получить объемное изображение рельефа и, выделив водораздельные, склоновые, пойменные и другие участки, определить ряд почвенных разностей по их приуроченности к элементам рельефа. Так на территории совхоза "Калининский" на водоразделах встречается в основном всего три разновидности почв: дерново-среднеподзолистые с признаками поверхностного оглеения супесчаные на морене, дерново-сильноподзолистые поверхностно-глееватые и маломощные торфяники. Они достаточно четко отличаются друг от друга по характеру использования, растительности, тону и рисунку на аэрофотоснимке.

Точность и объем дешифрируемых контуров избыточно увлажненных почв можно повысить путем использования увеличенных снимков, что сделает возможным распознавание ряда характерных растительных группировок. Однако увеличение более чем в 2,5-3 раза нецелесообразно из-за появления зернистости эмульсионного слоя, осложняющей рисунок растительных сообществ, которые сами по себе имеют зернистую структуру.

Для целей дешифрирования залесенных участков заболоченных земель целесообразно применение аэрофотоснимков, полученных перспективными длиннофокусными узкоугольными объективами, на которых часто просматривается подлесок или поверхность напоч-

венного покрова /2/.

Большое практическое значение имело бы использование цветных и спектральных снимков, позволяющих при удачно выбранном времени съемки хорошо различать в природе различные растительные группировки. В первую очередь хорошо распознаются хвойные (сине-зеленый и зеленый цвет) и лиственные (оранжевый или пурпурный). Различия внутри пород характеризуются интенсивностью окраски и особенностями изображения форм крон, строения полога, формы падающих теней и т.д.

Большое значение имеет время проведения съемки. При использовании черно-белых снимков наиболее подходящим временем для изучения почвенного покрова является весенний период, когда после схода снега почвы на водоразделах подсыхают. В этот период на непокрытой растительностью поверхности хорошо видны более темные контуры западин, предбалочных понижений, нижних частей склонов, то есть участков избыточного увлажнения /1/.

Установление взаимосвязей между элементами ландшафта определенных территорий необходимо проводить путем заложения в поле ряда почвенно-геоботанических профилей, проходящих через наиболее характерные элементы рельефа. Почвенное картирование остальной территории возможно производить путем экстраполяции выявленных признаков дешифрирования /3/.

Л и т е р а т у р а

1. Андроников В.Л. Аэрокосмические методы изучения почв. - М., Колос, 1979, с.280.
2. Афанасьева Т.В. Использование аэрометодов при картировании и исследовании почв. Изд. МГУ, 1965, с.160.
3. Вышивкин Д.Д. Геоботаническое картографирование. Изд. МГУ, 1977, с.175.
4. Физико-географическое районирование нечерноземного центра. Изд. МГУ, 1963, с.451.

А.А.Яский, Л.П.Груздева

ВЛИЯНИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД РЕКУЛЬТИВИРУЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ НА РОСТ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД

Во всем мире ежегодно наблюдается постепенное сокращение площади пашни на душу населения, что связано с изъятием земель

из сферы сельскохозяйственного производства при разработке полезных ископаемых, промышленном, гидротехническом, жилищном строительстве и т.п. Земли, используемые под строительство, обычно изымаются безвозвратно, а земли, нарушенные открытыми разработками полезных ископаемых, могут быть рекультивированы и возвращены в сельскохозяйственное производство.

В настоящее время в СССР функционирует более 6000 промышленных карьеров, а площади земель, нарушенных ими составляют около 2 млн. га. Нерекультивированные нарушенные земли в сильной степени подвергаются ветровой и водной эрозии, что увеличивает опасность загрязнения и деградации прилегающих к ним угодий/1/.

Возможности рекультивации нарушенных земель зависят от характера вынесенных на поверхность горных (вскрышных) пород. Очевидно, что некоторые из них не могут быть возвращены в разряд пашен, но иногда возможно их облесение и залужение с целью прекращения эрозии и облагораживания ландшафта. Примером таких земель могут служить высокие конические отвалы скальных пород в Криворожском бассейне.

Вопросы формирования неоднородности почвенного покрова в процессе рекультивации изучались нами в Эстонской ССР на разрезе "Сиргала" - месте добычи горючего сланца, дающего около 20% добычи сланца в Эстонии. Общая длина фронта работ достигает на разрезе 9,5 км. С 1968 года отвалы подвергаются горнотехнической рекультивации.

На первом этапе полевых работ нами было проведено маршрутно-рекогносцировочное обследование с целью установления характера распространения грунтосмесей и зарастания территории. На втором этапе проведено детальное почвенно-грунтовое обследование по намеченным рабочим транsekтам. При закладке трансекта учитывалась специфика участка, его размеры, форма рельефа, характер распространения грунтов и грунтосмесей. В связи с тем, что после горно-технического этапа рекультивации территория имела грядкообразный рельеф, трансекты располагались обычно способом параллельных ходов.

Горно-технический этап рекультивации на разрезе "Сиргала" заключался в выполаживании гряд конусообразных отсыпок вскрышных пород. На выположенную поверхность плодородный почвенный

слой не наносился, поэтому территория с поверхности оказалась сложенной грунтосмесями с различным соотношением суглинков, известняков и примесью торфа. Повсеместно к грунту прилепляются обломки скальных пород. В процессе рекогносцировочного обследования почвенные контура выделялись по аэрофотоснимкам, уточнялись на местности визуально и наносились на картосхему. В пределах контуров закладывались разрезы с целью изучения состава горных пород и грунтосмесей, брались образцы для анализа. Проводили также геоботаническое изучение растительного покрова.

В результате изучения было установлено, что успешность рекультивации земель, нарушенных разработками горючего сланца, зависит от кислотности, засоленности, обеспеченности питательными веществами грунтосмесей, а также от их механического состава, степени скелетности и обводненности. Показателем разнообразного состава грунтосмесей является развивающийся на них растительный покров (см. таблицу). Из таблицы можно видеть, что успешный рост деревьев наблюдается в тех случаях, когда грунто-смеси содержат значительное количество торфа, улучшающего физические свойства грунтосмеси и ее питательный режим. Так, на

Зависимость роста древостоя от состава грунтосмесей

№ кон- тура	Состав грунто- смесей, %	Древостой			Травостой	
		состав	сомк- нута- сть крон	высо- та, м	проек- тивное покры- тие	состав
162	Суглинок - 70 Известняк - 20 Торф - 10	10 С	0,7	6,0		
163	Суглинок - 50 Известняк - 30 Доломит - 5 Торф - 10	8Б 2Ак	0,6	4,5	70	Мать-мачеха, вейник назем- ный, сурепка обыкновенная
225	Суглинок - 30 Известняк - 50 Доломит - 15 Сланец - 5	5С 5Б	0,2	0,9	10	Вейник назем- ный, мать-маче- ха
219	Суглинок - 20 Известняк - 70 Доломит - 10	8С2Б Ив	0,1	0,7		Вейник назем- ный

контуре № 123 грунтосмесь состоит из 10% торфа, 50% суглинка, 30% ожелезненного известняка и 5% доломита. Высота берез и акаций при возрасте 10 лет достигает 4-5 м. Благоприятное действие на рост деревьев оказывает значительное содержание суглинка в грунтосмеси. Наоборот, в случае преобладания в грунтосмеси известняка, доломита и сланца (контур № 225 и 219) зарастание рекультивируемых земель затруднено, деревья медленно растут и развивают небольшую сомкнутость кроны, травостой также слабо развивается (проективное покрытие 5-10%).

Интенсивное развитие горнодобывающей промышленности и неизбежное увеличение общей площади нарушенных земель ведет к возрастанию роли рекультивационных работ. В связи с этим увеличивается актуальность научного обоснования биологической рекультивации нарушенных земель. В частности, необходимо выяснить наиболее оптимальный состав древесной растительности в зависимости от состава грунтосмеси и физико-географических условий местности. В этом плане исследования, проведенные нами на разрезе "Сиргала", показали, что нормальный рост и развитие сосны наблюдается на той части рекультивируемой территории, где после разравнивания отвалов в поверхностных слоях грунта присутствовало значительное количество суглинка и торфа. Там же, где состав верхних слоев грунтосмеси характеризуется преобладанием обломков известняка и доломита, а следовательно, и плохими физическими и химическими свойствами, наблюдаются либо голые, лишенные растительности участки (плеши), либо участки с сильно угнетенными низкорослыми посадками сосны.

Формирование неоднородного почвенного покрова на разрезе "Сиргала" в процессе рекультивационных работ предопределено тем, что вскрышные работы здесь проводятся без селективного отвалообразования, в связи с чем более пригодные для биологической рекультивации породы (суглинки и торф) зачастую оказываются перекрыты с поверхности скальными грунтами.

Для более успешной биологической рекультивации подобных территорий следует рекомендовать при проведении вскрышных работ снимать почвенный слой и складировать в отдельных отвалах с тем, чтобы при рекультивации нарушенной территории можно было сначала разравнивать ниже залегающие породы, а сверху снова нанести слой почвы. Это даст возможность создать здесь более

продуктивные лесные насаждения или же использовать территорию в сельском хозяйстве.

Л и т е р а т у р а

1. Моторина Л.В., Овчинников О.А. Промышленность и рекультивация земель. - М., Мысль, 1975, -240с.
2. Временные рекомендации по определению вида рекультивации земель, нарушенных открытыми горными разработками предприятиями промышленности строительных материалов. - М., 1976, -18с.
3. Моторина Л.В. Опыт рекультивации нарушенных промышленных ландшафтов в СССР и зарубежных странах. - М., 1975, -84с.

А.А.Яскин

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ГУМУСА В ТЕМНО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

В период возрастающей интенсификации земледелия большое значение приобретает изучение процессов превращения и количественного изменения во времени и пространстве органического вещества почвы. Установление закономерностей количественного изменения гумуса под влиянием производственных и природных факторов необходимо для научного прогнозирования и управления его запасов в целях повышения почвенного плодородия. В ряде работ /2,3,5,7 и др./ высказывается большая тревога в связи с систематическим уменьшением запасов гумуса в почвах под влиянием минерализации и уменьшения поступления в почву органического вещества. Кауричев И.С. и Лыков А.М. /3/ указывают, что в отечественном почвоведении и земледелии работы по изучению агрономической роли органического вещества почвы занимали второстепенное положение. Существующий же взгляд на органическое вещество (гумус) почвы прежде всего как на источник элементов питания растений способствовал развитию представления о постепенном уменьшении роли органического вещества почвы в условиях интенсивного земледелия и в частности в условиях все нарастающих темпов применения минеральных удобрений. Недостаточное внимание к поддержанию уровня органического вещества почвы привело к снижению урожайности сельскохозяйственных культур /9/, а разрушение структуры в верхнем слое почвы явилось причиной водной и

ветровой эрозии /Ю/. Установлено, что процессы превращения органических остатков и гумусонакопления в значительной степени зависят от системы земледелия, а также природных условий. В ряде работ /5,9/ особое значение отводится климату. Следует отметить, что подавляющее большинство исследований динамики гумуса проводилось в условиях Нечерноземной зоны РСФСР.

Данная работа посвящена многолетней динамике содержания гумуса и азота в темно-каштановых почвах сухих степей Северного Казахстана. Наши исследования проводились в 1967 году на территории Диевского совхоза Семиозерного района Кустанайской области. Повторное взятие образцов почвы для определения запасов гумуса и азота было проведено в 1979 году. С этой целью были выбраны постоянные пробные (динамические) площадки на целине и пашне на самых распространенных в данном регионе почвах: темно-каштановых тяжелосуглинистых, легкосуглинистых и супесчаных. Спаренные площадки (пашня и целина) на каждой почвенной разности находятся в непосредственной близости друг от друга и имеют одинаковый механический и химический состав почвенного покрова. При выборе динамических площадок мы руководствовались тем, чтобы свести до минимума пространственную вариабельность физических, химических и других свойств почвы. Рельеф площадок был исключительно ровным. Динамические площадки имели квадратную форму размером 10х10 м. Кроме того, на площадках были зафиксированы по пять точек, из которых брали образцы. Полученный аналитический материал показал, что такой способ отбора почвенных образцов для наблюдения за динамикой гумуса и азота вполне гарантирует достоверность этих данных. Для определения общих запасов гумуса и общего азота отбор образцов проводился в каждые 10 см до глубины 50 см.

Из таблицы видно, что содержание гумуса и общего азота в трех почвенных разностях не одинаково и зависит от условий почвообразования, механического и химического состава, а также фактора использования почв в сельскохозяйственном производстве.

Наибольшими запасами гумуса и общего азота обладают темно-каштановые тяжелосуглинистые почвы, затем следуют легкосуглинистые и супесчаные почвы. Наблюдается разница в содержании гумуса и азота в почве целины и в аналогичной почве, находящейся в сельскохозяйственном использовании в течение 13 лет (почвы

были распаханы в 1954 г.). Исследования 1967 г. показали, что меньшее содержание гумуса и азота в пахотных почвах по сравнению с их запасами в почве рядом расположенных участков целины связано с интенсивным разложением органического вещества в обрабатываемых почвах. Повышенное содержание общего азота в целинных почвах по сравнению с соответствующими пахотными почвами объясняется тем, что азот, потребляемый из почвы целинной растительностью, не отчуждается, а возвращается в почву. Потери же азота из целинной почвы в условиях сухих степей при непромывном режиме путем вымывания его влагой осадков невозможны.

Т а б л и ц а I

Запасы гумуса и общего азота в темно-каштановых почвах
(т/га)

П о ч в а	Угодье	Гумус		Азот	
		10-20см	10-50см	10-20см	10-50см
Темно-каштановая тяжелосуглинистая	Пашня	85,75	193,43	4,97	12,06
	Целина	89,54	194,34	5,28	12,13
Темно-каштановая легкосуглинистая	Пашня	54,88	113,46	3,14	6,73
	Целина	63,40	121,92	3,87	7,85
Темно-каштановая супесчаная	Пашня	46,34	90,82	2,56	5,05
	Целина	55,44	105,06	3,36	6,60

После распашки целинных почв в процессе разложения органического вещества почвы образуются доступные минеральные соединения азота, которые потребляются из почвы растениями и отчуждаются вместе с урожаем. Уменьшение содержания гумуса и азота на пашне значительно интенсивнее происходит в почвах легкого механического состава по сравнению с тяжелосуглинистыми почвами. Так, если разница в содержании гумуса в темно-каштановой тяжелосуглинистой почве в слое 0-20 см между участками целины и пашни составляет 3,79 т/га, то соответствующие величины в темно-каштановых легкосуглинистой и супесчаной почвах равняются 8,52 и 9,10 т/га. Разница в содержании запасов азота между участками целины и пашни тяжелосуглинистой почвы в слое 0-20 см составляет всего 0,31 т/га, а в легкосуглинистой и супесчаной почвах она соответственно равняется 0,73 и 0,80 т/га.

Т а б л и ц а 2

Изменение запасов гумуса в темно-каштановых почвах
в слое 0-20 см (т/га)

П о ч в а	Запасы гумуса		Уменьшение запасов гумуса в пахотных почвах			
	целина	пашня	за период с		за период	
			1967г.	1979г.	1954 по 1967гг.	1967 по 1979гг.
			всего		ежегодно	ежегодно
Темно-каштановая тяжелосуглинистая	89,54	85,75 83,51	3,79	0,290	2,24	0,190
Темно-каштановая супесчаная	55,44	46,34 42,96	9,10	0,610	3,38	0,280

В 1979 г., то есть через 12 лет после первого обследования были взяты образцы почвы на пашне с тех же динамических площадок. Представляет значительный интерес проследить изменение запасов гумуса в темно-каштановых почвах в условиях их сельскохозяйственного использования.

Исходными количественными характеристиками запасов гумуса служили аналитические данные обследуемых в 1967 г. темно-каштановых почв. Согласно приведенным данным (табл.2), ежегодное уменьшение запасов гумуса за первые 13 лет после освоения (с 1954 по 1967гг.) в темно-каштановых тяжелосуглинистых почвах составляло 290 кг/га, а в супесчаных-610 кг/га. В последующие 12 лет (с 1967 по 1979 гг.) скорость уменьшения запасов гумуса по сравнению с первым периодом (с 1954 по 1967 гг.) значительно снизилась. Ежегодное уменьшение запасов гумуса за последний период в среднем составляло в темно-каштановых тяжелосуглинистых почвах 190 кг/га, в супесчаных - 280 кг/га.

Необходимо отметить, что на обследуемых участках со времени их освоения органические удобрения не применялись, поэтому этот фактор не влиял на полученные результаты. Неодинаковая скорость минерализации гумуса в почвах разного механического состава, по нашему мнению, связана с различной их аэрацией.

В литературе имеются сведения о том, что в различных регионах уменьшение запасов гумуса происходит с различной скоростью

Так, Ройченко Г.И. и Глузук Н.М. /9/ установили, что в лесостепной зоне на серых лесных почвах наблюдается умеренное разложение органических веществ и его одновременное воспроизводство, при этом дефицит гумуса составляет 3 ц/га ежегодно. К северу от лесостепной зоны интенсивность минерализации гумуса нарастает, достигая максимума в дерново-подзолистых почвах. К югу этот процесс явно замедлен, ежегодный дефицит гумуса в регрированных черноземах составляет 4,6 ц/га, в типичных - 2,7 и в южных - 1,3 ц/га.

Авторы работы /9/ заключают, что процесс минерализации к югу замедляется не только вследствие малых доз органических удобрений (0,5 т/га навоза, вносимого в южных черноземах), а в большей степени недостаточным увлажнением, лимитирующим скорость минерализации гумуса. Убыль гумуса значительно сокращается при внесении органических удобрений. Повышение плодородия почвы и увеличение в ней запасов гумуса и азота, как установлено многочисленными исследованиями /3,5,6,7 и др./, отмечено при совместном применении органических и минеральных удобрений, которые дополняют друг друга в отношении гумусонакопительной способности почв. Считается, что внесение 10-15 т/га навоза в год достаточно для обеспечения бездефицитного баланса гумуса в почвах.

Отношение $C:N$, по мнению ряда авторов /1,4/, имеет большое теоретическое и практическое значение. Указывалось, что отношение углерода к азоту отражает особенности почвенных типов. Высказывалось предположение /1/, что культурные почвы относительно беднее углеродом в сравнении с исходными целинными почвами. Это объяснялось развитием микробиологических процессов в обрабатываемых почвах, при этом бактерии, разрушающие гумус, "выдыхают" углекислоту, в то время как азот ими связывается в плазму клеток. Из этого заключалось, что при обработке почв отношение $C:N$ должно сужаться. Результаты наших анализов расходятся с вышеизложенными выводами. Данные табл.3 показывают, что величины отношения $C:N$ на участках целины темно-каштановых тяжелоуглинистых, легкоуглинистых и супесчаных почв во всех случаях меньше по сравнению с соответствующими показателями рядом расположенных участков пашни. На наш взгляд этому способствует то, что сельскохозяйственные культуры ежегодно потребляют из

почвы значительное количество азота, который отчуждается с урожаем. Из табл.3 видно, что механический состав почв заметно влияет на величину отношения $C:N$. Темно-каштановые тяжелосуглинистые почвы имеют более узкое отношение в сравнении с почвами более легкого механического состава.

Т а б л и ц а 3

Содержание гумуса,углерода,общего азота и отношение $C:N$
в темно-каштановых почвах

П о ч в а	Угодье	Глубина, см	В процентах, среднее				Число разрезов
			гумус	C	N	$C:N$	
Темно-каштановая тяжелосуглинистая	Пашня	0-20	3,97	2,30	0,23	10,00	5
		20-30	3,40	1,97	0,20	9,85	
		30-40	2,60	1,51	0,18	8,44	
		40-50	1,81	1,05	0,13	8,08	
	Целина	0-20	4,07	2,36	0,24	9,83	3
		20-30	3,43	1,93	0,20	9,65	
		30-40	2,34	1,36	0,17	8,00	
		40-50	1,57	0,92	0,12	7,66	
Темно-каштановая легкосуглинистая	Пашня	0-20	2,45	1,42	0,14	10,14	3
		20-30	1,72	1,00	0,10	10,00	
		30-40	1,47	0,85	0,09	9,44	
		40-50	1,07	0,62	0,07	8,86	
	Целина	0-20	2,62	1,52	0,16	9,50	2
		20-30	1,84	1,07	0,12	8,91	
		30-40	1,45	0,84	0,10	8,40	
		40-50	0,99	0,57	0,07	8,14	
Темно-каштановая супесчаная	Пашня	0-20	1,81	1,05	0,10	10,50	4
		20-30	1,53	0,89	0,08	11,12	
		30-40	0,86	0,50	0,05	10,00	
		40-50	0,64	0,37	0,04	9,25	
	Целина	0-20	1,98	1,15	0,12	9,58	2
		20-30	1,69	0,98	0,11	8,99	
		30-40	0,97	0,56	0,06	9,33	
		40-50	0,71	0,41	0,05	8,20	

В почвоведении и земледелии был период, когда решение вопросов улучшения снабжения сельскохозяйственных культур доступным азотом связывалось с задачами мобилизации труднодоступных органических соединений азота почвы. В последнее время считается, что было бы неверным рассчитывать на простое превращение малодоступных соединений азота в формы, усвояемые растениями. В этом случае неизбежно возникает опасность разрушения органического вещества почвы, которое определяет емкость поглощения, буферность, а также обуславливает образование агрономически ценной структуры и формирование благоприятных водно-физических свойств. Кроме того, несмотря на временное улучшение азотного режима, это привело бы к отрицательному азотному балансу и последовательному истощению почвы. В этой связи представляется интересным рассмотреть выводы работы Д.С.Орлова и И.Н.Лозановской "Азот почвы: стратегия и тактика", опубликованной в 1982г. Указывая, что до 90% азота пахотных слоев заключено в органических соединениях, авторы ставят вопрос: не лучше ли вместо того, чтобы постоянно вносить удобрения, научиться делать доступными для растений огромные природные запасы почвенного азота? Ведь мало того, что удобрения надо произвести, затратив на это уйму средств, - "...с ними в почву попадают разные примеси и балластные вещества, к которым растения да и сама почва далеко не всегда безразличны" /8/. Авторы указывают, что в принципе это вполне осуществимо: "...агротехническими приемами можно регулировать влажность почвы, ее температурный режим, насыщенность кислородом, кислотность. Значит, можно создать микро-организмам все условия для того, чтобы они работали быстрее и разлагали гумус ускоренно. Тогда, разумеется, растения получат гораздо больше доступного азота" /8/. Говоря о последствиях такого подхода авторы указывают, что труднорастворимые соединения азота - это резервы питания, в них - плодородие полей будущего. Ускорять процессы минерализации органических соединений опасно, так как гумус - не просто источник питания растений, но и "цемент", склеивающий отдельные частицы и делающий почву рыхлой, комковатой, доступной для воды, воздуха, тепла. "Быстрое разложение гумуса лишь ненадолго улучшит питание растений. А затем начнется неотвратимое: разрушение структуры, интенсивное высыхание, выветривание почвенных минералов, и на теле Земли появ-

вится ещё одно пятно искусственной пустыни, оставленное неумелым хозяйничаньем" /8/.

В заключение рассмотрения проблемы гумуса и азота следует сделать выводы, что создание положительного гумусового и азотного баланса и последовательный переход на более высокий уровень гумусированности почв возможны:

при постоянном применении органических и минеральных удобрений;

при обоснованном расширении посевов многолетних трав и повышении их урожайности;

в результате снижения интенсивности обработки при рациональной системе бесплужного земледелия;

при комплексной системе земледелия, обеспечивающей накопление продуктивной влаги в почвах сухих степей.

Л и т е р а т у р а

1. Грабаров П.Г. Содержание гумуса и азота и отношение углерода к азоту в почвах Казахской ССР / Изв.АН Каз.ССР, серия ботаники и почвоведения, вып.2, 1960, с.24-35.
2. Доспехов Б.А., Братерская А.Н., Киришин Б.Д. Действие 60-летних бессменных культур на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы /Изв.ТСХА, вып.2, 1975, с.49-53.
3. Кауричев И.С., Лыков А.М. Проблемы гумуса пахотных почв при интенсивном земледелии. - Почвоведение, 1979, №12, с.5-15.
4. Кононова М.М. Органическое вещество почвы. Его природа, свойства и методы изучения. М., Изд.АН СССР, 1963, с.314.
5. Круглов А.В., Прошляков А.А. Восполнение гумуса в пахотных почвах Нечерноземной полосы. - Почвоведение, 1979, №5, с.49-52.
6. Лыков А.М. Органическое вещество и плодородие дерново-подзолистых почв в условиях интенсивного земледелия. М., 1977, с.46.
7. Лыков А.М. Современное состояние и пути улучшения гумусового баланса пахотных почв Нечерноземной зоны РСФСР /Изв. ТСХА, вып.3, 1977, с.21-28.
8. Орлов Д.С., Лозановская И.Н. Азот почвы: стратегия и тактика. - Химия и жизнь, 1982, №3, с.27-30.

9. Ройченко Г.И., Глушук Н.М. Гумусовый фонд и динамика органического вещества пахотных почв правобережной лесостепи СССР. - Почвоведение, 1981, №3, с.21-34.
10. Шенявский А.Л. Оценка почвы методом гумусового баланса. М., 1973, с.28.

З.И.Сильвестрова, Е.Н.Кесов

НЕОДНОРОДНОСТЬ КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ГУМУСА В ЧЕРНОЗЕМАХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ

Одним из важнейших морфологических признаков почвы является окрашивание генетических горизонтов гумусом в темные тона.

Количество гумуса, соответственно и плодородие в разных типах почв разное /1/. Это свойство придает типам почв исключительную неоднородность (табл.1).

Т а б л и ц а I

Запасы гумуса и азота в метровом слое
основных почв СССР, т/га
(по М.М.Кононовой)

П о ч в а	Гумус	Азот
Тундровая	73,0	5,0
Подзолистая (средне)	99,0	6,6
Оподзоленная лесостепная	215,0	12,0
Чернозем выщелоченный	512,0	26,5
Чернозем мощный	705,0	35,8
Чернозем обыкновенный	426,0	24,0
Чернозем южный	391,0	17,0
Темно-каштановая	229,0	13,2
Светло-каштановая	110,0	8,7
Бурая полупустынная	62,0	4,0

Количество гумуса и азота в разных типах почв находится в прямой зависимости от количества отмирающей биомассы /1,4/. Различное количество отмирающей биомассы связано с неоднородностью природных условий, которые влекут за собой разнообразие в почвообразовании и соответственно большое разнообразие в количественном составе гумуса основных зональных почв /3/. Количество гумуса является одним из отличительных признаков при кар-

тировании, бонитировке и других оценках почв.

Рассмотрим для примера неоднородность природных условий гумусонакопления в двух контрастных природных зонах - тундровой и степной.

Вечная мерзлота в тундре, избыток влаги, длительная холодная зима и короткое прохладное лето оказывают большое влияние на рост и развитие растений, а значит на накопление небольшого количества биомассы, что в свою очередь влияет на процесс почвообразования и в том числе гумусонакопления.

Черноземы выщелоченные и мощные развивались под разнотравно-степной растительностью. Весь облик этих почв свидетельствует о богатстве их органическим веществом. В их профиле выделяется мощный темноокрашенный гумусовый горизонт с большим запасом гумуса (500-700 т/га).

К югу от типичных (мощных) черноземов нарастает засушливость климата, растительность становится беднее, усиливается аэробизм. Природные условия, сложившиеся в зоне сухих степей, привели к снижению количества гумуса в черноземах обыкновенных (426,0 т/га) и южных (391,0 т/га).

Таким образом, неоднородность количественного состава гумуса на огромных пространствах природных зон СССР прослеживается очень четко.

На меньших пространствах в пределах одного типа почв и даже профили прослеживается также неоднородность количественного состава гумуса.

Нами изучался количественный состав гумуса в черноземах обыкновенных и южных на всю глубину почвенного профиля, включая и материнскую породу. Результаты подвергались вариационно-статистической обработке с целью выяснения неоднородности количества гумуса как в разных подтипах, так и внутри отдельного профиля почв. В горизонте С он в 10 раз меньше, чем в горизонте А. Размах варьирования увеличивается, увеличивается и коэффициент вариации, который наибольшего показателя достигает в горизонте ВС (54,56%). Неоднородность в распределении гумуса в глубь профиля связан с неравномерным распределением корневой массы травянистых растений. Основная масса корней концентрируется в верхнем горизонте, а в горизонт ВС проникают лишь травы с более глубокой корневой системой (неравномерно).

Следует отметить, что легкосуглинистые черноземы обыкновенных слабее обеспечены гумусом, содержание его в профиле уменьшается быстрее (в горизонте А-5,5%). Очевидно, что на неоднородность количественного состава гумуса влияет и механический состав почв.

Изучение почвенного разреза основано на методе детерминистической неоднородности. По классификации Н.И.Ильина /2/ наши исследования следует отнести к первому уровню структурных неоднородностей почвы, то есть неоднородности мощности профиля почв в целом, мощности генетических горизонтов, состава гумуса по профилю. Неоднородность рассматриваемого свойства (гумусонакопление) характеризуется коэффициентом вариации, показателем варьирования, коэффициентом аккумуляции.

Черноземы южные формируются в худших биоклиматических и гидротермических условиях в сравнении с черноземами обыкновенными. Это обуславливает значительное обеднение растительности, которая в свою очередь обуславливает накопление меньшего количества гумуса. Черноземы южные по содержанию гумуса (в горизонте А 4,90-5,55%), запасу его в метровом слое - 348,0 т/га и мощности горизонтов А-В₁-30-50 см заметно уступают чернозему обыкновенному (табл.3).

Т а б л и ц а 3

Вариационно-статистические показатели содержания валового гумуса по генетическим горизонтам в черноземах южных
тяжелосуглинистых

Горизонт	n	M	K _v	m	с	с ^с	V	K _a
А	26	5,31	4,90-5,55	0,102	0,251	0,072	4,72	9,15
В ₁	26	4,09	3,37-4,89	0,207	0,507	0,146	12,39	6,05
В ₂	26	2,28	1,63-2,83	0,250	0,612	0,176	27,08	3,89
BC	26	1,21	0,97-1,74	0,122	0,301	0,086	24,87	2,00
С	26	0,58	0,12-0,87	0,116	0,286	0,082	39,31	1,00

В табл.2 приведены результаты количественного содержания гумуса в профиле черноземов обыкновенных.

Т а б л и ц а 2

Вариационно-статистические показатели содержания
валового гумуса по генетическим горизонтам в черноземах
обыкновенных тяжелосуглинистых

Горизонт	n	M	K _v	m	б	б ^б	V	K _a
A	26	6,50	5,33-7,28	±0,371	0,909	0,262	14,63	10,00
A ₁	25	4,17	3,04-5,44	±0,447	1,010	0,316	29,98	6,41
B ₁	26	3,02	1,55-4,57	±0,456	1,219	0,352	40,36	4,64
B ₂	26	1,59	0,93-2,18	±0,067	0,672	0,061	23,30	2,44
BC	26	1,01	0,76-1,41	±0,266	0,652	0,188	54,56	1,55
C	24	0,65	0,43-0,87	±0,100	0,201	0,071	30,80	1,00

где n - число проанализированных проб;
M - средняя арифметическая;
K_v - размах варьирования;
m - ошибка вычисления средней арифметической;
б - среднеквадратичное отклонение;
б^б - ошибка вычисления среднеквадратичного отклонения;
V - коэффициент вариации;
K_a - коэффициент аккумуляции.

В верхних перегнойных горизонтах черноземов обыкновенных содержание гумуса колеблется в пределах 5,33-7,23%, среднее значение - 6,5±0,371. Коэффициент аккумуляции для верхнего горизонта высокий - 10,00. Коэффициент вариации 14,63% показывает на незначительную неоднородность гумусонакопления внутри типа, об этом же свидетельствуют цифры, показывающие колебание содержания гумуса в горизонте A. Таким образом, напрашивается вывод о том, что в пределах меньших пространств (в сравнении с природными зонами СССР) биоклиматические условия более однородны, что приводит к относительной однородности (или к незначительной неоднородности) количественного состава гумуса внутри одного подтипа почв.

Содержание гумуса по генетическим горизонтам, вглубь по профилю, в черноземах обыкновенных представляет четкую картину неоднородности на протяжении 1,5-1,7 м. Количество гумуса с уг-

лублинием становится меньше, соответственно убывает и коэффициент аккумуляции.

Результаты математической обработки показывают, что накопление валового гумуса в черноземах южных происходит, как и в черноземах обыкновенных, но в меньшем количестве. Коэффициент аккумуляции равен в горизонте А - 9,15. Средняя величина содержания гумуса в черноземах южных составляет $5,31 \pm 0,102$, а в обыкновенных - $6,5 \pm 0,371$. Коэффициент вариации наиболее высокий в горизонте С (39,31), что связано с проникновением гумуса в материнскую породу по ходам корней, то есть с неравномерностью распределения гумусовых веществ в этом горизонте.

Из вышеизложенного следует, что количественный состав гумуса почв неоднороден и изменчив в различных типах (по зонам), внутри типа и в пределах одного профиля. Изучение закономерностей гумусонакопления представляет в сущности изучение неоднородности этого исключительно важного свойства почв. Поскольку гумус, его валовое содержание определяет плодородие почв, очень важно учитывать неоднородность этого свойства при бонитировке, агрохимической характеристике и производственной оценке почв.

Л и т е р а т у р а

1. Болотина Н.И. Запасы гумуса и азота в основных типах почв СССР. - Почвоведение, 1947, № 5, с.277-286.
2. Ильин Н.И. Инженерная концепция неоднородности и изменчивости физических свойств почв. Науч.тр./Моск.ин-т инженеров землеустройства. 1980, с.3-20.
3. Кононова М.М. Органическое вещество почвы. Изд.АН СССР, М., 1968, с.5-38.
4. Родина А.Е., Базилевич Н.И. Биологическая продуктивность основных типов растительности Северного полушария Старого Света. Доклады АН СССР, 1964, т.157, № 1, с.32-39.

С.Н.Двоскина, Ю.М.Ковалев

ИЗМЕНЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ТОРФА СДВИГУ В ПРОЦЕССЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОСУШЕНИЯ ВЕРХОВЫХ БОЛОТ ТРАНШЕЙНЫМ СПОСОБОМ

Сопротивление торфа сдвигу τ зависит от вида торфа, степени разложения, влажности, плотности. Его изменение в процессе

осушения является косвенной оценкой применяемого метода осушения. К тому же этот показатель характеризует проходимость болота для механизмов и, следовательно, возможность вести болотно-подготовительные работы, а затем и добычу торфа.

В неосушенных торфяниках верхового типа T , как правило, находится в пределах 4-15 кПа/см².

Наиболее легкие экскаваторы болотной модификации, сконструированные с учетом небольшой прочности торфяника, имеют удельное давление 17-23 кПа/см².

Поэтому при осушении необходимо повышение прочности верхних слоев торфяника до 16-18 кПа на первых этапах предварительного осушения и до 25-30 кПа по его завершении, что позволило бы беспрепятственно вести болотно-подготовительные работы.

В то же время земляные работы при осушении верховых болот, как это неоднократно отмечалось, вследствие их специфических свойств, прежде всего высокой влагоемкости и слабой водоотдачи, остаются до настоящего времени чрезвычайно трудоемкими и дорогими.

Это объясняется, главным образом, сложностью производства работ в водонасыщенном грунте и недостатком высокопроходимых машин, вместо которых земляные работы осуществляются экскаваторами, работающими на специальном настиле.

Влажность таких болот в естественном состоянии достигает порой 95-98% и для подготовки к эксплуатации необходимо удалить огромное количество воды.

Традиционная технология, предусматривающая последовательное выполнение крупными сечениями магистральных, валовых, а затем картсовых каналов, в данном случае недостаточно эффективна. Серьезная деформация каналов, многократный их ремонт, требуют осуществления большого объема земляных работ и в большинстве случаев при сроках осушения 4-6 лет не обеспечивается требуемое снижение влажности торфа и, соответственно, повышение прочности торфяника до указанных выше пределов.

Необходимое повышение прочности торфяной залежи достигается при применении траншейного способа осушения разрабатываемого Московским ордена Трудового Красного Знамени институтом инженеров землеустройства в продолжение работ Калининского ордена Трудового Красного Знамени политехнического института.

Траншейный способ выполняется в три этапа последовательно по отдельным участкам торфяного массива, ограниченными валовыми каналами.

Нами проведены исследования, позволяющие оценить изменение τ на каждом этапе осушения.

Первый этап предусматривает осушение поверхностного слоя за счет канализации его густой сетью мелких траншей (глубина 0,7-1,2 м, ширина по дну 0,2-0,25 м, заложение откоса 0-0,1).

Порядок выполнения работ следующий: по склону (уклон к периферии) поверхности выбранного к освоению участка прокладывают траншеи с интервалом, не превышающим двойную зону активного осушающего действия канала, которая для торфяников верхового типа находится в пределах 5-7 м. Траншеи в основном проходят в слое очеса, интенсифицируя существующий поток грунтовых вод к периферии. Вода из траншей, вследствие естественного уклона поверхности, стекает в открытые соопиратели, проложенные по окрайку торфяника, то есть частично в минеральном грунте. Протяженность траншей обусловлена расположением следующего валового канала, который они перекрывают /1/.

Выборанные в процессе исследования торфа траншеи, соотношение ширины и глубины на первом этапе, придают им требуемую устойчивость и работоспособность.

Второй этап предусматривает осушение и уплотнение более глубоких слоев, что достигается углублением траншей до 1,6-1,8 м (без уширения) и соопирателей до 1,8-2,5 м за один-три прохода экскаватора.

На этом же этапе в глубь торфяника по направлению к его центру закладывают следующий участок с траншеями и новый соопиратель, выполняемый на подсушенной площади. Сброс воды осуществляется в уширенную ($h=1,5-1,8$ м; $m=0,25$) траншею, проходящую по трассе будущего магистрального канала.

Третий этап - доведение каналов первоочередного участка до эксплуатационных размеров. При этом картовая сеть выполняется через 20 м путем углубления и уширения соответствующих траншей.

Нашей работе по изучению сопротивления торфа сдвигу предшествовали исследования Л.С.Амаряна, А.С.Королева и других

прибором СК-8 (крыльчаткой), методикой которых мы пользовались /2,3/.

Метод вращательного сдвига позволяет в короткое время получать достаточно полную информацию о прочности торфа в условиях его естественного залегания и в ходе осушения. При измерении τ ось крыльчатки располагается в вертикальной плоскости, в которой преимущественно и происходит сдвиг.

Измерения τ производились применительно к времени указанных этапов, в створах как перпендикулярных траншеям, так и параллельных им, с учетом принятых расстояний между траншеями и удаленности от устоев на наиболее обводненных торфяных массивах "Жодинский мох" и "Куриловский мох", расположенных в Витебской области БССР /1/.

Во всех случаях, соблюдая заданные этапы, удавалось в короткие сроки (в среднем около одного-полутора лет) довести τ до значений, при которых становилось возможным вести болотно-подготовительные работы, с применением тракторов, бульдозеров и т.д.

За 2-3 месяца, следующих после сооружения траншей, значения в верхнем полуметровом слое, увеличились до 13-18 кПа. (см. рисунок).

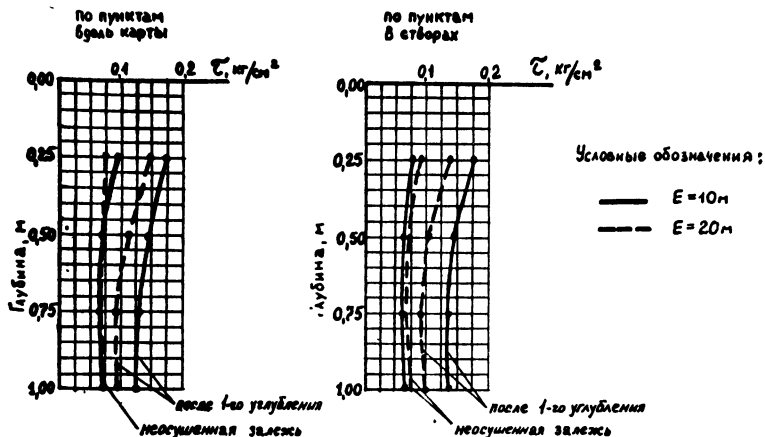
Углубления траншей способствовали упрочнению этого слоя до 19-28 кПа, а выполнение картовой сети - до 25-30 кПа.

В таблице приведены обобщенные данные наблюдений, иллюстрирующие сказанное.

Изменение сопротивления торфа сдвигу в ходе предварительного осушения торфяной залежи верхового типа траншейным способом

Расстояние между тран- шеями, м	Слой, м	Неосушен- ное болото	τ , кПа			
			I этап 3-4 мес.	II этап 3-8 мес.		III этап 2-5 мес.
				I углуб- ление	II углуб- ление	
10	0-0,5	0,04-0,12	12,9-13,1	14,4-18,0	24,0-25,1	25,8-35,0
	0,5-1,5		9,0-10,5	14,6-15,9	23,0-24,1	27,0-24,5
20	0-0,5		11,5-12,2	15,3-16,1	18,0-19,6	19,0-25,5
	0,5-1,5		8,9-10,0	11,7-12,2	15,4-16,1	16,0-19,6

Из приведенных материалов видно, что предварительное осушение верховых болот траншеями, выполненными через 10 метров, увеличивает прочность поверхностных слоев до 25-35 кПа за один-полтора года, что позволяет беспрепятственно вести болотно-подготовительные работы. При осушении траншеями через 20 метров увеличение прочности на 20-40% меньше.



Изменение сопротивления торфа сдвигу за первый этап предварительного осушения опытных участков траншейным способом

Л и т е р а т у р а

1. Ильин Н.И. и др. Траншейный способ осушения верховых болот. - М., ЦБНТИ, № II, 1979, -4с.
2. Амарян Л.С. Прочность и деформируемость торфяных грунтов. - М.: Недра, 1961, -191 с.
3. Амарян Л.С. и др. К вопросу о критических нагрузках в торфяных грунтах. - Нефтепромышленное строительство, № 12, 1973, с.24-25.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛУБИНЫ КАНАЛА НА ОСНОВАНИИ АНАЛИЗА ИЗМЕНЕНИЯ ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТОРФЯНИКА

Выполнение каналов приводит к нарушению естественных условий равновесия, сложившихся в торфяных неосушенных болотах. При этом, помимо действия сил тяжести вышележащих торфяных пластов, появляются дополнительные силы от веса и динамического воздействия передвигающихся механизмов, канавной выкидки, фильтрующей через откосы воды и т.д., оказывающие разрушающее действие на стенки каналов.

Для сохранения устойчивости канала необходимо равновесие между сдвигающими усилиями, являющимися результатом вышеперечисленных факторов, и силами сопротивления. Расчет устойчивости откосов каналов с применением закономерностей механики грунтов недостаточно эффективен, так как в эти зависимости входят значения коэффициентов сцепления и внутреннего трения, методика определения которых для торфа не дает надежных данных /1/.

Известны методы расчета устойчивости каналов А.Г.Гинзбурга /2/, В.С. Соколовского /3/, В.Ф. Митина /4/ и др. Все они, однако, имеют определенные недочеты.

Л.С.Амаряном и А.Маркусом /1/ предлагается уравнение для определения максимальной глубины вертикального откоса в торфяных грунтах с учетом внешней нагрузки, равномерно распределенной вдоль бровки канала

$$h_{max} = \frac{2(\tau - 0,7P)}{\gamma}, \quad (I)$$

где h_{max} - максимальная глубина вертикального откоса;

τ - сопротивление сдвигу,

P - внешняя нагрузка,

γ - объемная масса торфяной залежи.

Это уравнение выведено на основе экспериментальных данных, полученных, в частности, на верховых неосушенных болотах и поэтому наиболее близко к рассматриваемым нами условиям.

Из формулы (I) следует, что потеря полной устойчивости откоса будет иметь место при $P = \frac{\tau}{0,7}$, а при отсутствии внеш-

ней нагрузки высота (критическая) вертикального откоса выражается зависимостью:

$$h = \frac{2\tau}{\gamma} \quad (2)$$

Следует иметь в виду, однако, что в правую часть зависимостей 1 и 2 входят величины τ и γ , изменяющие свои значения с течением времени, так как после сооружения канала и начала процесса осушения торфяника меняются его физико-механические свойства.

Для наклонного откоса управление 1 приобретает вид:

$$h_{\max}^{\alpha} = h_{\max} 0,5 \frac{\sin \alpha}{\sin^2 \frac{\alpha}{2}}, \quad (3)$$

где $h_{\max}^{\alpha}$ - максимальная глубина наклонного откоса;
 α - угол наклона откоса.

В этой же работе отмечается, что если в нижних слоях торфяника залегают торф или сапропели с пониженным τ (по сравнению с вышележащими слоями) разрушение канала начинается с выпирания дна.

Воспользуемся уравнением (1) для оценки устойчивости вертикальных траншей в слабоосушенной торфяной залежи, сделав несложный расчет на примере определения критической высоты траншей в зависимости от веса выкидки. Расчет проведем для трех различных глубин $h = 0,8$ м, 1,3 м, 1,8 м.

Примем следующие характерные исходные данные: объемная масса сырого торфа $\gamma = 0,95$ т/м³, коэффициент сдвига $\tau = 1000$ кгс/м², ширина траншей $b = 0,25$ м.

Расчет сводится к определению соответствия глубины траншей и нагрузки от веса, размещенной вдоль откоса выкидки.

Нагрузка на погонный метр бровки траншей составляет:

$$P = \frac{b\gamma}{2} h = \frac{950 \cdot 0,25}{2} h = 119 h. \quad (4)$$

Следовательно, для выбранных в качестве примера глубин траншей 0,8; 1,3 и 1,8 м, по уравнению (1) получим соответственно:

$$h_1 = 1,97 \text{ м}, \quad h_2 = 1,88 \text{ м}, \quad h_3 = 1,8 \text{ м}.$$

Таким образом, для данного массива глубиной канала, обеспечивающей его устойчивость, является значение $h_{\max} = 1,80$ м.

В двух других случаях канава будет иметь большой запас устойчивости.

Поскольку в принятой нами схеме осушения, как правило, на первых этапах открываются каналы глубиной не более 1,2 м, то можно рассчитывать получаемый коэффициент запаса устойчивости (К).

$$K = \frac{h_{\max}}{h_{\text{действ.}}} = \frac{1,8}{1,2} = 1,5 \quad (5)$$

Следовательно, при проведении последующих этапов, приближающих действительную глубину канала к предельному значению

=1,8 м, коэффициент запаса устойчивости остается всегда больше единицы.

Однако реальная глубина каналов, то есть та глубина, при которой не будет происходить резкого искажения профиля в заданный отрезок времени (интервал между углублениями) находится в зависимости от водно-физических свойств конкретной торфяной залежи /4/.

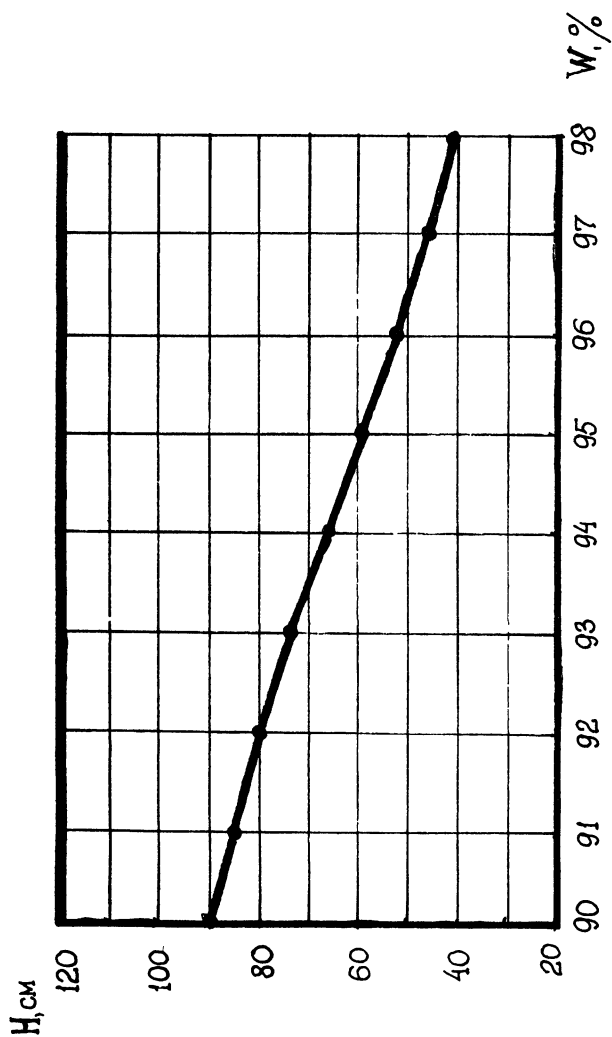
Нашими наблюдениями, проведенными на нескольких торфяных массивах грядово-мочажинного комплекса, /5,6/ установлено, что главными из них являются влажность торфа, его стратиграфические особенности, мощность, сопротивление торфа сдвигу.

В качестве примера на рисунке представлены обобщенные данные изменения глубины траншей, заложенных на участках с различной исходной влажностью торфа за равный промежуток времени - 2 месяца (примерно соответствующий разрыву между двумя углублениями). Начальная глубина траншей 1,2 м.

Как видно из рисунка, изменение глубины траншей в процессе осушения находится в обратной зависимости от естественной влажности торфяника, что обуславливает целесообразность назначения той или иной начальной глубины траншей, при которой не будет происходить резкой ее деформации.

Соответствующая обработка экспериментального материала позволила выявить зависимость изменения глубины траншей от всех перечисленных факторов.

В то же время, поскольку на одном и том же участке может встречаться торф с различными свойствами, выбор оптимальной глубины каналов (а также их ширины, величины и сроков углубле-



Изменение глубины траншей (H) спустя 2 месяца после их сооружения на участках с различной естественной влажностью
(исходная глубина траншей 1,2 м)

ния) для торфяной залежи в целом целесообразно делать, пользуясь экспериментальными данными, полукруглыми для ряда наиболее характерных участков.

С этой целью нами сделано условное подразделение торфяников на три группы, характеризующие сложность осушения:

Первая, с мощностью торфа до четырех метров, влажностью верхнего двухметрового слоя не более 92%, несущей способностью поверхности не менее 0,1 кгс/см², содержанием шейкцерных торфов не более 10%.

Вторая, с мощностью 4-6 м, влажностью 92-95%, несущей способностью 0,07-0,10 кгс/см², шейкцерии до 20%.

Третья, мощностью свыше 6 м, влажностью более 95%, несущей способностью менее 0,07 кгс/см², шейкцерии более 20%.

Участки, характеризующиеся отдельными факторами, свойственными предыдущей группе, относятся целиком к ней (см.таблицу).

Размеры каналов при осушении торфяных массивов
траншейным способом

Этапы работ	Виды каналов	Глубина каналов для торфяных участков по группам, характеризующим сложность осушения, м			Ширина канала по дну, м	Коэффициент заложения по откоса	
		I	II	III			
I.	Регулирующие	0,9-1,28	0,8-1,0	0,5-0,7	0,2	0,0	-0,1
	Проводящие	1,2-1,4	1,0-1,2	0,7-0,9	0,2	0,15	-0,25
2.	Регулирующие	1,5-1,7	1,5-1,7 ^x	1,5-1,7 ^x	0,2	0,0	-0,1
	Проводящие	1,7-1,9	1,7-1,9 ^x	1,7-1,9 ^x	0,2	0,15	-0,25
3.	Регулирующие	1,6-1,3	1,6-1,8 ^{xx}	1,6-1,8 ^{xx}	0,2	0,15	-0,25
	Проводящие						
	валовые	По проекту согласно расчету			0,3	0,25	0,35
	магистральные там				0,5	0,50	-0,75

Примечание. Траншея, идущая по трассе будущего магистрального канала, расширяется и углубляется согласно размерам проводящих каналов.

^x Доведение каналов до указанных глубин производится за 2-3 прохода, через 1,5-3 месяца.

Опытно-промышленная проверка предложенной методики выполнения каналов подтвердила целесообразность ее применения /5/.

Осушение ряда обводненных и труднопроходимых участков верховых болот предполагается осуществлять траншейным способом. Поэтому чрезвычайно важно иметь объективные данные о поведении каналов, выполненных на базе траншей в наиболее неблагоприятный период, а именно - в начале эксплуатации осушенных площадей, связанной с интенсивным передвижением тяжелых машин.

Для получения объективных данных исследовались картовые каналы, выполненные на базе траншей через 10 и 20 метров и традиционным способом.

Исходные данные участков опробования были выбраны в Витебской области, БССР на торфяном массиве "Куриловский Мох" в наиболее тяжелых, с точки зрения осушения, условиях, относящихся к 2-й и 3-й классификационным группам /6/. Наблюдения показали, что деформация каналов, выполненных на базе траншей, заложенных в соответствии с предлагаемой методикой, на 20-30% ниже, чем при применении традиционной схемы осушения.

Л и т е р а т у р а

1. Амарян Л.С., Маркус А. Методы расчета устойчивости каналов в торфяных грунтах. Науч.тр. высших учебных заведений Литовской ССР. Механика I.1966, с.139-146.
2. Гинзбург А.Г. Устойчивость вертикального откоса и некоторые общие зависимости механики торфяной залежи. Автореф.дисс. канд.техн.наук. МТИ, 1952, 19с.
3. Соколовский В.В. Статистика сыпучей среды. Издание АН СССР, 1962, с.15-32.
4. Митин В.Ф., Степаничев В.Г., Краснов Ю.В. и др. Способ предварительного осушения верховых торфяных месторождений./ Материалы для предъявления Государственной комиссии для широкой научно-производственной проверки. Пос.Радченко, 1968, с.36-57.
5. Ильин Н.И., Козочкина Л.П., Двоскина С.Н. Траншейный способ осушения верховых болот.- М. ЦБНТИ, № II, 1979, 4с.
6. Двоскина С.Н., Козочкина Л.П. Устойчивость траншей на этапе предварительного осушения верховых торфяников траншейным способом. Науч.Тр./Моск.ин-т инж.землеустройства, 1981. Научные и методические вопросы землеустроительного проектирования на современном этапе, с. 90-91.

РЕФЕРАТЫ ПУБЛИКУЕМЫХ СТАТЕЙ

УДК 431.421

Ильин Н.И. Неоднородность физических свойств почв и вопросы их опробования. Научные труды МИИЗа. Неоднородность и изменчивость свойств почв, 1984, с.3-19.

Выявлены основные факторы проявления неоднородности физических свойств почв и показаны способы их учета при планировании опробования.

Табл. - 4, биол.назв. - 829.

УДК 631.432.32

Ерхов Н.С. Варьирование показателя водопоглощающей способности почвы при дождевании. Научные труды МИИЗа. Неоднородность и изменчивость свойств почв, 1984, с.19-26.

Рассматриваются методические проблемы определения пространственной неоднородности почв при дождевании. При полевых определениях, помимо почвенных факторов, влияние оказывают также случайные ошибки измерений показателей структуры искусственного дождя и их флуктуации в течение полива. Задача исследований - установление необходимой повторности измерений для обеспечения требуемой надежности получаемых данных.

Табл.-2, рис. - 1, биол.назв. - 8.

УДК 631.432.32

Абрамов А.М., Бочков В.К. Исследование неоднородности впитывающей способности почв с помощью портативного дождевателя. Научные труды МИИЗа. Неоднородность и изменчивость свойств почв, 1984, с.26-32.

Рассматриваются результаты полевых экспериментальных исследований, проведенных с помощью портативного дождевателя в различных почвенно-климатических условиях. Полученные данные интерпретируются с точки зрения неоднородности почвенного покрова.

Табл. - 1, биол.назв. - 7.

УДК 431.421

Ильин Н.И., Амарантова И.Е., Краснова Г.Ю., Персикова О.В., Разин А.В. Экспериментальное исследование некоторых элементов почвенной неоднородности. Научные труды МИИЗа. Неоднородность и изменчивость свойств почв, 1984, с.32-41.

Приведены экспериментальные данные по рассеянию некоторых водно-физических свойств почв (объемная масса, весовая и объемная влажность, коэффициент фильтрации) на песчаных и торфянистых почвах, не подвергшихся и подвергшихся антропогенному воздействию. Получены законы распределения исследованных величин. Подтверждена высказанная ранее одним из авторов гипотеза о том, что в зонах антропогенного воздействия изначальная неоднородность водно-физических свойств почв снижается.

Табл. - 4, рис. -1, биол.назв. - 8.

УДК 626.6

Александров В.Г. О неоднородности некоторых водно-физических свойств выработанных торфяников. Научные труды МИИЗа.

Неоднородность и изменчивость свойств почв, 1984, с.41-48.

Изучена неоднородность зольности, плотности, объемной массы, влажности весовой и объемной почв выработанных торфяников. Установлены законы распределения и необходимая повторяемость определения рассмотренных свойств с заданной точностью и уровнем доверительной вероятности.

Табл. - 1, рис.-2, биол.назв. - 10.

УДК 431.432.2

Амарантова И.Е., Краснова Г.Ю., Ратникова И.Е. О неоднородности влагозапасов по глубине торфяной почвы. Научные труды МИИЗа. Неоднородность и изменчивость свойств почв, 1984, с.48-51.

Рассмотрены результаты определения запасов влаги в различных почвенных условиях. Экспериментально (при помощи нейтронного влагомера ВПГР-1) установлено, что в низинном пойменном торфянике, воды которого гидравлически связаны с водами водоохранилища, неоднородность влагозапасов растет с глубиной.

Табл. -3, биол.назв. - 7.

УДК 502.31

Чупахин В.М. Анализ и учет неоднородности почвенно-ландшафтных условий земельного фонда. Научные труды МИИЗа. Неоднородность и изменчивость свойств почв, 1984, с.51-64.

Излагаются основные методические положения прикладного анализа, учета природно-почвенных условий территории при обследовании земельного фонда. Особое внимание уделяется антропогенным воздействиям на однородность и изменчивость почвенно-ландшафтного покрова при проведении сельскохозяйственных мелиораций. Обосновывается необходимость разработки методических рекомендаций.

Библ.назв. - 3.

УДК 631.471

Брысова Л.П., Костякова Т.Н. Картирование почв разной степени переувлажненности с использованием материалов аэрофото съемки (на примере совхоза "Калининский" Рославльского района Смоленской области). Неоднородность и изменчивость свойств почв. 1984, с.64-72.

Рассмотрены возможности камерального дешифрирования почв подзоны южной тайги, характеризующиеся различной степенью переувлажненности. Установлены разновидности почв: надежно дешифрируемые в камеральных условиях, требующие дополнительных полевых обследований и не дешифрируемые камерально.

Рассмотрены также возможности корректировки почвенных карт путем сопоставления аэрофотоснимков разных лет.

Табл. -1, библ.назв. - 4.

УДК 637.471

Яскин А.А., Груздева Л.П. Влияние неоднородности вскрышных пород территорий, нарушенных горными работами, на рост древесных насаждений. Научные труды МИИЗа. Неоднородность и изменчивость свойств почв, 1984, с.72-76.

Выяснена тесная связь между ростом сосны и составом грунто-смесей.

Табл. - I, библ.назв. - 3.

УДК 631.417.2

Яскин А.А. Многолетняя динамика гумуса в темно-каштановых почвах Северного Казахстана. Научные труды МИИЗа. Неоднородность и изменчивость свойств почв. 1984, с.76-84.

В статье на экспериментальном материале показана различная скорость уменьшения содержания гумуса в темно-каштановых почвах разного механического состава при их земледельческом использовании. Анализируются причины этого явления и даются рекомендации по созданию положительного гумусового баланса в почвах.

Табл. - 3, биол.назв. - 15.

УДК 631.417.2

Сильвестрова З.И., Кесов Е.Н. Неоднородность количественного состава гумуса в черноземах степной зоны. Научные труды МИИЗа. Неоднородность и изменчивость свойств почв. 1984, с.84-88.

Рассматривается гумусонакопление в черноземах сухой степи. Проанализирован экспериментальный материал о количественном содержании гумуса в черноземах обыкновенных и черноземах южных. Результаты анализов подвергнуты статистической обработке. Сделаны выводы о неоднородности количественного состава гумуса в различных типах, внутри одного типа и в пределах профиля почвы.

Табл. - 3, биол.назв. - 4.

УДК 553.972.631.62 (043)

Двоскина С.Н., Ковалев Ю.М. Изменение сопротивления торфа сдвигу (прочность торфяника) в процессе осушения обводненных болот траншейным способом. Научные труды МИИЗа. Неоднородность почв и ландшафтов. 1984, с.88-93.

Сопротивление торфа сдвигу в процессе осушения может быть использовано для оценки эффективности применяемого способа осушения. Получено, что предварительное осушение верхних болот траншеями через 10м увеличивает прочность поверхностных слоев до 0,25-0,35 кгс/см за один-полтора года, что позволяет вести все болотно-подготовительные работы.

Табл. - 1, рис. - 1, биол.назв. - 4.

УДК 553.972:631.62 (043)

Двоскина С.Н. Определение глубины канала на основании анализа изменения водно-физических свойств торфяника. Научные труды МИИЗа. Неоднородность и изменчивость свойств почв, 1984, с. 93-99.

Рассмотрены результаты экспериментальных исследований, в ходе которых определялась оптимальная для конкретных условий глубина траншей, стабильно сохраняющая профиль в течение требуемого отрезка времени. Показано, что существует оптимальный диапазон значений эмпирического коэффициента K для глубин траншей 0,7-1,2 м, который наиболее приемлем при первом подходе в условиях обводненных торфяников верхового типа.

Табл. - I, библ. назв. - 6.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Ильин Н.И. Неоднородность физических свойств почв и вопрос их опробования	3
Ерхов Н.С. Варьирование показателя водопоглощающей спо- собности почвы при дождевании.	19
Абрамов А.М., Бочков В.К. Исследование неоднородности впитывающей способности почв с помощью портативного дождевателя	26
Ильин Н.И., Амарантова И.Е., Краснова Г.Ю., Персикова О.В., Разин А.В. Экспериментальное исследование неко- торых элементов почвенной неоднородности.	32
Александров В.Г. О неоднородности некоторых водно-физи- ческих свойств выработанных торфяников.	41
Амарантова И.Е., Краснова Г.Ю., Ратникова Н.Е. О неодно- родности влагозапасов по глубине торфяной почвы	48
Чупахин В.М. Анализ и учет неоднородности почвенно-ланд- шафтных условий земельного фонда	51
Брысова Л.П., Костякова Т.Н. Картирование почв разной степени переувлажненности с использованием материалов аэрофотосъемки (на примере совхоза "Калининский" Рос- лавльского района Смоленской области).	64
Яскин А.А., Груздева Л.П. Влияние неоднородности вскрыш- ных пород территорий, нарушенных горными работами, на рост древесных насаждений	72
Яскин А.А. Многолетняя динамика гумуса в темно-каштано- вых почвах Северного Казахстана	76
Силвестрова З.И., Кесов Е.Н. Неоднородность количест- венного состава гумуса в черноземах степной зоны. . .	84
Двоскина С.Н., Ковалев Ю.М. Изменение сопротивления тор- фа сдвигу (прочности торфяника) в процессе осушения обводненных болот траншейным способом	88
Двоскина С.Н. Определение глубины канала на основании анализа изменения водно-физических свойств торфяника. .	93
Рефераты публикуемых статей.	99