

НИТРАТНЫЙ РЕЖИМ ЦЕЛИНЫ, ОСВОЕННОЙ ИЗ-ПОД ЛЕСА

(В зависимости от глубины и способов обработки)

Слабая сельскохозяйственная освоенность области (из 77,5 млн. га общей площади под сельхозугодья используется около 4,0%) обуславливается высокой степенью залесенности и сложностью орографического строения поверхности. Леса вместе с кустарниками и вырубками занимают более 80% территории.

В связи с огромным промышленно-энергетическим строительством и быстрым ростом городского населения ускоренными темпами будет развиваться и сельское хозяйство области.

Наряду с интенсификацией использования имеющейся пашни, в области планируется освоение новых земель. По перспективному плану на 20 лет, к 1980 году, посевные площади области возрастут до 2,7 млн. га, то есть почти на один миллион га. В первую очередь освоение новых земель намечается осуществлять за счет редколесья, гарей, вырубок и кустарников. По данным Института географии СО АН СССР, резерв земель, которые могут быть освоены, составляет более 12 млн. га.

Несмотря на трехсотлетнюю историю борьбы человека с лесом, вопросы освоения новых земель из-под леса в области остаются слабо изученными. Своеобразие же климатических условий и почвенного покрова не позволяют просто копировать агроприемы, выработанные в других областях страны.

Наши опыты по изучению динамики нитратов в почвах, освоенных из-под леса, проводились в учебно-опытном хозяйстве Иркутского сельхозинститута «Ново-Разводная». Опытный участок был освоен из-под смешанного березово-соснового леса вторичного происхождения, возраста 35—40 лет.

Сильнооподзоленная, серая лесная, среднесуглинистая почва участка имела следующие агропроизводственные свойства: мощ-

ность A_1 10—12 см, содержание гумуса 7—9%, общего азота 0,36—0,5%. Среда слабкокислая — рН солевая 5,9—6,2. Насыщенность основаниями 81—85%. В горизонте A_2 (мощность 18—25 см) содержание гумуса снижалось до 0,9—1,5%, насыщенность основаниями до 68—70%. Среда становилась кислой — рН солевая 4,5—5,2. Переходный горизонт A_2/V (мощность 27—32 см) отличался от A_2 повышенным содержанием илистой фракции и насыщенностью основаниями до 88—92%.

В опытах изучались следующие варианты обработки пласта целины: вспашка на глубину гумусового слоя (10—12 см) — контроль. Варианты 2, 3, 4, 5, вспашка соответственно на глубину: 13—15; 16—18; 20—22; 30—32 см. Вариант 6 — поверхностная обработка целины дисковой бороной БДТ — 2,2 на глубину 10—12 см.

Методом наложения, поперек основных обработок, половина делянок обрабатывалась безотвальными плугами на глубину 30—32 см, что соответственно давало варианты 1а, 2а и т. д. Учетная площадь каждого варианта 0,3—0,7 га, повторность 3—4-кратная. Срок подъема пласта был принят оптимальный для условий области — вторая половина июня.

Все виды обработок целины проводились на тракторной тяге (С-80, ДТ-54, «Беларусь») современными почвообрабатывающими машинами и орудиями.

Нитратный азот (NO_3) определялся колориметрическим методом с дисульфо-феноловой кислотой из свежих образцов, взятых параллельно с определением влажности почвы.

Агрофизическое состояние почвы, обеспечивающее оптимальные условия нитратообразования, характеризуется следующими показателями: достаточной аэрацией, увлажнением почвы в пределах 40—70% от общей влагоемкости, оптимальной температурой 20—35°C, нейтральной или слабощелочной средой — рН 6,2—9,2 и соотношением углерода и азота в органическом материале 25 : 1.

Указанные факторы в обработанной целине складывались так: условия аэрации в необработанной целине в горизонте A_1 имеет очень высокую общую скважность — в пределах 68—77%. Это определяется значительным содержанием органического вещества в виде гумуса, огромной массы корней и полуразложившихся органических остатков — до 6,0—9,0 т/га.

Общая скважность необработанного горизонта A_2 резко снижается до 50—53%. Высокий процент скважности этого горизонта определяется большой внутриагрегатной пористостью мелких агрегатов (0,5—0,25 мм). Межагрегатная скважность этого слоя составляет всего 10—15%.

После обработки целины на глубину гумусового слоя скважность горизонта A_1 возрастает до 70—80%. Это увеличение идет за счет крупных щелей-прорезов между большими кусками

дернины, а не за счет крошения и рыхления пласта. Рост скважности ведет к чрезмерному увеличению аэрации и стихийности водного режима этого горизонта.

С увеличением глубины обработки скважность верхнего слоя (0—10 см) в сравнении с целиной уменьшается. Это обусловливается тем, что к дерновому горизонту A_1 , обладающему высокой пористостью, примешивается минеральная часть почвы горизонта A_2 , с низкой пористостью и с большим содержанием пылевой фракции. После заполнения прорезей и промежутков между дернинками глиноземом этот слой быстро уплотняется под действием дождей, сокращая общую скважность и аэрацию.

Наоборот, перемещение органических остатков вниз резко увеличивает скважность нижележащих горизонтов. Повышение скважности подстилающих горизонтов также достигается в результате глубокого рыхления плугами без отвалов. При этом увеличение скважности составляет 16—23%.

Динамика влажности обработанной целины в основном зависит от глубины заделки дернины. По мере увеличения глубины заделки органической массы, наиболее влагоемкой части почвы, содержание влаги в верхнем слое постепенно уменьшается, а в местах нахождения дернины увеличивается.

Температурные условия почвы по мере увеличения глубины заделки основной массы энергетического материала складываются менее благоприятно.

Реакция почвенного раствора после обработки целины по мере увеличения глубины вспашки выравнивается.

Таблица 1

Влияние глубины и способов обработки пласта на рН (по Алямовскому)

Глубина слоя (см)	Целина		Дискование 10—12 см		Вспашка на глубину (см)				30—32	
					16—18		20—22			
	водная	солевая	в	с	в	с	в	с	в	с
0—10	5,8	6,1	5,5	6,1	5,3	5,8	5,4	6,0	4,8	5,9
10—20	4,5	5,6	4,9	5,8	4,7	5,6	5,8	6,2	4,6	5,7
20—30	4,6	5,6	4,6	5,7	4,6	5,7	5,2	5,8	4,8	5,8
30—40	4,5	5,7	4,7	5,6	4,6	5,6	4,6	5,8	4,6	5,8
40—50	4,6	5,9	4,6	5,8	4,6	5,8	4,7	5,7	5,0	5,7

Некоторое представление о количестве и качестве энергетического материала целины после обработки можно представить по данным таблицы 2.

По-разному сложившиеся вышеуказанные факторы процессов нитрификации и определяют нитратный режим освоенной целины.

Таблица 2

**Содержание гумуса и общего азота в почве
опытного участка до обработки и после освоения**

	Глубина горизонта	Гумус (в%)	Общий азот (в%)	Соотношение С : N	Легко гидролизуем N (мг/100)
Целина	0—10	3,36	0,357	14,4 : 1	7,28
	10—20	1,10	0,08	6,0 : 1	4,34
	20—30	0,90	0,07	7,4 : 1	3,37
Целина распа- ханная (20—22 см)	0—10	3,1	0,107	16,8 : 1	3,78
	10—20	4,4	0,239	10,7 : 1	4,62
	20—30	1,2	0,107	6,5 : 1	4,76
Старопашка 20—30 лет	0—22	3,99	0,200	11,6 : 1	5,32
	22—43	1,89	0,116	8,6 : 1	10,22

Динамика нитратного азота (NO₃) на мелких вариантах обработки пласта (10—15 см) еще более неустойчива, чем содержание влаги. Как недостаток, так и избыток воды в период обильных дождей отрицательно влияют на содержание нитратов. В первом случае процессы нитрификации затухают или полностью прекращаются. Во втором случае нитраты, образованные ранее, в значительной степени вымываются в подпахотные горизонты (табл. 3).

Таблица 3

**Влияние обильного увлажнения и глубины заделки дернины
на содержание нитратов (10/VI 1960 г.)**

Момент определения	Глубина заделки дернины	Содержание NO ₃ и мг/кг	Содержание вла- ги в % на сухую навеску
До дождя	На поверхности	76,3	9,1
После дождя	На поверхности	13,6	58,9
До дождя	На глуб. 10—15 см	57,8	32,3
После дождя	На глуб. 10—15 см	34,3	41,8

Глубина вымывания нитратов может быть довольно значительной, до 50 см (23/VI 1960 г.).

Глуби- на го- ризон- та (см)	Глубина заделки дернины (см)									
	0—10	10—20	20—30	30—40	40—50	50—60	60—70	70—80	80—90	
Влага в %	61,7	39,3	40,3	23,5	24,2	24,0	23,1	22,3	22,5	
NO ₃ мг/кг	12,0	54,1	29,5	4,4	3,5	1,8	1,1	—	—	

Однако в случае умеренного увлажнения в хорошо обработанном дерновом слое, даже при расположении его на поверхности почвы может накопиться очень большое количество нитратов. 6/V 1958 г. в дерновом слое почвы на дискованной целине было обнаружено 357,3 мг/кг нитратов. В пересчете на гектар это составит около 250 кг селитры. Под кукурузой 1/VIII 1958 г. в слое 0—10 см содержалось 372 кг селитры или 532 мг/кг NO_3 .

Отсюда мнение о том, что дернина, оставленная на поверхности, будет разлагаться в аэробных условиях с поглощением всего минерального азота, не совсем верно.

Главная причина неравномерного содержания нитратов в верхнем слое почвы — колебания гидротермических условий погоды.

Отмеченные факты высокого содержания нитратов в верхних горизонтах почвы после мелких обработок позволяют объяснить, почему в условиях крестьянского хозяйства основным хлебом по целине высевали озимую рожь.

По данным В. Е. Писарева, 1911, крестьяне «новину» обрабатывали полтора, а иногда два года. В результате длительной и мелкой обработки пласта (на глубину 2—3 вершка) в верхнем слое почвы накапливалось очень много нитратов. Поэтому посеянные по целине пшеница и овес растягивали вегетацию, полегали, не давали «верных» семян.

У озимой ржи, в год созревания, период вегетации значительно короче, и она лучше переносит односторонний избыток азота. Поэтому в агрономической практике разработан специальный прием ухода за озимыми — подкормка азотными удобрениями весной.

С увеличением глубины обработки от 16 до 22 см процессы накопления нитратов в пахотном слое идут более равномерно и интенсивно. В данном случае соотношение органической и минеральной частей почвы, а также водно-воздушный режим складываются более благоприятно. При размещении основной массы органического вещества в толще пахотного слоя оно попадает в условия постоянного увлажнения и достаточной аэрации.

Увеличение глубины вспашки до 30—32 см на нитратный режим оказало отрицательное влияние. Происходит излишнее «разжижение» органической части почвы в пахотном слое. Изолированные друг от друга на большой глубине, в условиях пониженной аэрации и температуры, органические остатки разлагаются медленно (рис. 1).

Безотвальное рыхление, проведенное после мелких обработок пласта целины (12—16 см), на процессах нитрификации отражается очень слабо. В данном случае разложение органического вещества и без того протекает в условиях достаточной или даже избыточной аэрации, а увеличение скважности в подпахотных

горизонтах, где органических остатков очень мало (1—3 т/га), процессы нитрификации активизируются очень слабо.

После отвальной вспашки на глубину от 18 до 32 см безотвальное рыхление производит значительное перемешивание пахотного слоя, придает ему лучшую однородность и, улучшая водо-физические свойства, способствует усилению процессов нитрификации. Сравнительные показатели содержания нитратов после безотвального рыхления приводятся в таблице 4.

Таблица 4

Влияние безотвального рыхления на нитратный режим почвы
(+ увеличение, — уменьшение нитратов в сравнении с обработками без рыхления, NO_3 в мг/кг)

Глубина обработки, см	Глубина горизонта, см	Годы и даты определения нитратов							
		1956 г. (сухо)				1957 г. (влажно)			
		1 VIII	21 VIII	10 IX	24 X	1 VIII	27 VIII	13 IX	29 X
10—12	0—10	— 3	+ 4	+ 2	— 6	+ 7	—	+ 4	+ 2
	10—20	—	+ 2	+ 8	+ 2	+ 2	+ 8	+ 2	+ 11
	20—30	—	—	—	+ 2	+ 2	+ 13	+ 2	+ 3
20—22	0—10	+ 4	+ 12	+ 8	+ 11	+ 9	+ 4	+ 12	+ 14
	10—20	+ 5	+ 13	+ 19	+ 20	+ 11	+ 17	+ 19	+ 21
	20—30	—	+ 3	+ 5	+ 1	—	+ 6	+ 12	+ 4
30—32	0—10	—	+ 10	+ 12	9	+ 7	+ 8	+ 18	+ 11
	10—20	—	+ 8	+ 17	22	+ 6	+ 11	+ 12	+ 17
	20—30	—	+ 11	+ 13	10	+ 3	+ 9	+ 19	+ 8

Результаты наблюдений за динамикой нитратов в течение летне-осеннего периода (VII—X месяцы) показывают, что неустойчивый ход погодных условий по декадам и месяцам обуславливает резкие скачки в содержании NO_3 в пахотном слое.

В периоды с повышенной температурой и умеренного увлажнения (июль-август) накопление нитратов идет довольно быстро. Затем в сентябре, с понижением температуры и обильным выпадением дождей, содержание нитратов в почве резко понижается.

В октябре, в период постепенного замерзания почвы, содержание нитратов в пахотном слое иногда снова увеличивается.

Увеличение нитратов поздней осенью (в октябре) было также зарегистрировано в опытах И. В. Николаева, 1935; М. А. Балаболина, 1958; Ф. П. Кривых, 1960; А. Н. Угарова, 1961.

В опытах А. В. Кузнецовой, 1957, увеличение нитратов было обнаружено даже зимой, в январе месяце.

Увеличение нитратов в октябре большинство авторов объясняет исключительно биологическими, в основном, «плазменными» процессами.

Для выяснения причин, вызывающих увеличение содержания нитратов поздней осенью в пахотном слое, мы провели серию лабораторных опытов. Ставилось целью — выяснить влияние пониженных температур на имеющиеся в почве нитраты и микрофлору. Методика опытов заключалась в следующем.

Почвенные образцы при оптимальных условиях компостировались в термостате (определение нитрифицирующей способности) в течение 15 дней. Часть повторностей, соответственно на 5—10 и 15-й день компостирования вынималась из термостата и замораживалась (при температуре — 18—20°). После нитраты одновременно определялись во всех образцах. Результаты приводятся в таблице 5.

Таблица 5

Влияние промораживания почвенных образцов на содержание нитратов

Продолжительность компостирования в термостате +20, +25°С	Продолжительность промораживания —18, —20°С	Содержание NO ₃ мг/кг после компостирования	NO ₃ мг/кг после промораживания
15 суток	—	92,9	—
14 суток	1 сутки	92,8	93,1
10 суток	5 суток	76,1	77,4
5 суток	10 суток	44,2	43,8
исходный образец	—	32,6	—

Из данных таблицы видно, что с момента замораживания почвенного образца нитратообразование прекращалось и к концу опыта содержание NO₃ было тем меньше, чем раньше произвели замораживание образца почвы. Незначительные расхождения находятся в пределах ошибки опыта. Замораживание почвы перед самым определением нитратов также не способствовало увеличению нитратов. Промораживание образцового раствора (KNO₃) не изменило его концентрации. Таким образом, соли азотной кислоты оказались устойчивыми против понижения температуры в наших опытах до — 20°.

В опытах А. В. Кузнецовой, 1957, промораживание образцов при температуре — 8—10° в течение 140 дней также не изменило содержание NO₃. В ее опытах изменения наблюдались в содержании аммиачных форм азота.

Само по себе охлаждение и замерзание верхних горизонтов почвы в полевых условиях не может явиться причиной увеличения нитратов в верхнем слое пахотного горизонта.

Постепенное понижение температуры прежде всего оказывает соответствующее влияние на жизнедеятельность почвенной

микрофлоры, участвующей в процессах нитрификации и денитрификации.

Сравнивая динамику влажности и нитратов в осенние месяцы, мы пришли к выводу, что наряду с биологическим превращением нитратов, увеличение NO_3 в верхнем слое почвы в октябре частично может произойти и за счет миграции NO_3 из подпахотных горизонтов.

В подтверждение сказанного можно сослаться на Д. Н. Прянишникова, который указывал, что «нитраты в почве нерастворимых соединений не образуют и коллоидами почвы не поглощаются, а переходят в почвенный раствор и передвигаются вместе с ним». И далее «...просачивание на 50 см не есть еще потеря нитратов, они могут в сухое время года подниматься обратно, приближаясь к поверхности почвы» (стр. 277, т. I, 1952).

В последнее время с достаточной убедительностью опытами с водой «меченой» ионом хлора И. С. Васильев и А. А. Родэ, 1960, показали, что передвижение воды к промерзающему слою почвы происходит только в жидком состоянии. Вместе с жидкой влагой передвигается вверх и ион хлора (в наших опытах ион NO_3). Так, в опытах А. А. Родэ, ион хлора был обнаружен в верхнем слое почвы (0—10 см), хотя в октябре 1952 г. от него был полностью отмыт весь верхний 35-сантиметровый слой почвы.

Наблюдения за динамикой нитратов под пшеницу по пласту показали, что весной нитратов в пахотном слое может оказаться больше, чем их было осенью, если осень была влажная, а весна засушливая, и, наоборот, если осень будет засушливой, а весна влажной (таблица 6).

Таблица 6

**Влияние погодных условий осени и весны
на содержание нитратов (NO_3 , мг/кг)**

Глубина обработки (см)	Глубина образца (см)	Дата наблюдений и увлажненность сезона			
		24.X. 1957 г. влажно	20.V. 1958 г. сухо	24.X. 1956 г.	24.IV. 1957 г. сухо
10—12	0—10	16,1	46,3	27,2	19,2
	10—20	6,6	22,2	27,1	8,5
	20—30	13,0	6,4	4,4	—
20—22	0—10	20,1	46,6	48,3	23,3
	10—20	24,0	51,3	21,8	24,1
	20—30	19,5	13,2	6,1	—

Накопление нитратов с весны идет до момента кущения злаковых (I—II декада июня месяца). Прирост нитратов весной часто происходит до размеров более высоких, чем в год обработки целины (1958—1959 гг.).

Значительное увеличение нитратов в начале вегетации растений мы объясняем следующими причинами:

а) возросшим микронаселением и его повышенной биологической активностью, в сравнении с целинными, необработанными почвами;

б) частичной миграцией нитратов при передвижении влаги к верхнему слою осенью и весной;

в) незначительным потреблением нитратов молодыми растениями, «когда накопление опережает потребление». По данным А. И. Кузнецовой (1938), основной прирост сухого вещества пшеницы в условиях Иркутской области наблюдается в конце июня — начале июля, то есть с момента фазы кущения и выхода в трубку.

По различным вариантам обработки пласта накопление нитратов весной идет своеобразно.

Первоначально прирост нитратов рано весной наблюдается в верхних горизонтах почвы. По мере прогревания почвы процессы нитрификации постепенно захватывают более глубокие слои почвы.

Поэтому на вариантах с мелкими обработками, весной нитраты появляются раньше и во влажные годы накопление нитратов опережает варианты с глубокой обработкой почвы.

С течением времени характер накопления нитратов между вариантами изменяется в зависимости от гидротермических условий погоды.

Во влажную и умеренную погоду нитратов образуется больше в целине, обработанной мелко (10—15 см), а в засушливые периоды — по более глубоким обработкам (17—18 до 20—22 см).

Со второй половины июля, под посевами пшеницы, содержание нитратов резко сокращается (биологическая аккумуляция) на всех вариантах. При этом особой разницы между вариантами не наблюдается.

ВЫВОДЫ

1. Важнейшим фактором накопления нитратов в обработанной целине серых лесных почв является равномерное распределение органических остатков в пахотном слое почвы.

2. В зависимости от погодных условий интенсивность процессов нитрификации по отдельным вариантам пласта резко изменяется. Во влажные годы, благодаря постоянному увлажнению органического вещества и хорошим условиям аэрации, процессы нитрификации более интенсивно протекают на участках с мелкой обработкой. В засушливые годы условия нитратообразования лучше складываются в полях с более глубокой вспашкой (18—22 см).

3. Существующая для Европейской части Союза опасность безвозвратного вымывания нитратов в осенний период и зна-

чительные потери их в зимние месяцы в условиях Иркутской области не имеют места. Незначительное количество осадков в осенний период (150—180 мм), быстрое промерзание почвы в начале зимы при отсутствии оттепелей в зимние месяцы — способствуют сохранению накопленных нитратов в корнеобитаемом слое почвы до весны.

ЛИТЕРАТУРА

Авдонин Н. С. Основные вопросы земледелия в нечерноземной полосе СССР. М., 1955.

Балаболин М. А. Динамика нитратов и влажности в полях полевого севооборота летом 1958 г. Известия ИСХИ, вып. 15, Иркутск.

Васильев И. С. и Родэ А. А. Опыт мечения почвенной влаги ионами хлора с целью изучения закономерностей ее передвижения в полевых условиях. Почвоведение, 4, 1960.

Дадыкин В. П. Температура почвы, определяющая эффективность удобрения. Почвоведение, 9, 1961.

Кривых Ф. П. Ранняя зябь — важное средство повышения урожая и культуры земледелия. Ж. «За высокий урожай», Иркутск, 1958.

Кузнецова А. И. Накопление питательных веществ яровыми хлебами в Восточной Сибири. Известия ИСХИ, 1939.

Кузнецова А. В. Влияние холода на содержание аммиака и нитратов в черноземах Челябинской области. Вестник с/х науки, 16, 1957.

Прянишников Д. Н. Об источниках азота растений. Избр. соч., т. 1, М.

Писарев В. Е. Льноводство в Енисейской губернии. Иркутск, 1914.

Тимирязев К. А. Источники азота растений. Избр. соч., т. II, М., изд. 1948.

Троценко И. Д. Условия азотного питания пшеницы в зависимости от сроков и способов обработки пласта в подтаежной зоне Иркутской области. Известия ИСХИ, вып. 10, Иркутск, 1965.

Трутнев А. Г. Целинные земли Европейского севера СССР и их освоение. Сельхозгиз, М., 1953.

Угаров А. Н. Опыт использования аммиачной воды в Иркутской области, Иркутск, 1961.