ТРИБУНА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

УДК 634.0.114

А.Н. Данилов

ВЛИЯНИЕ РАСПАШКИ НА ПЛОДОРОДИЕ АГРОСЕРОЙ ПОЧВЫ ЗАЛЕЖИ В КАТЕНЕ

A.N. Danilov

INFLUENCE OF CUTTING ON FERTILITY BY AGROSORA SOILS PROVIDES IN CATENA

Данилов А.Н. **–** асп. каф. почвоведения и агрохимии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: daniloff.andrey-n@yandex.ru

Danilov A.N. – Post-Graduate Student, Chair of Soil Science and Agrochemistry, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: daniloff .andrey-n@yandex.ru

Показано влияние повторного освоения залежи на плодородие темно-серой почвы в лесостепной зоне Красноярского природного округа. Исследования проводились в почвенной катене, заложенной по геоморфологическому профилю массива залежи на склоне восточной экспозиции крутизной 1,5–2,0°. Выделили три точки, геохимически сопряженные между собой, расположенные в разных частях склона: вершина, выположенная середина и подножие склона. Часть массива залежи по данному склону обработали и ввели в пашню с посадкой картофеля. В течение вегетационных периодов 2016–2017 гг. дали оценку режима влажности, температуры и обеспеченности почвы основными элементами питания (нитратный и аммонийный азот, подвижный фосфор и обменный калий). Изучили пространственное варьирование всех показателей для суждения о качественном состоянии экосистемы чистой и введенной в пашню залежи, а также с целью методически обоснованного сравнения объектов исследования. В почве залежи по сравнению с пашней содержание влаги на 10–12 % ниже на всех позициях катены за счет более интенсивной транспирации влаги вегетирующими травянистыми растениями. Почва пашни прогревается на 3–7 °С сильнее, чем залежь. Температура почвы на пашне и на залежи оптимальная для развития микроорганизмов. Отчетливо проявляется активизация процессов нитрификации и увеличение содержания нитратного азота в почве пашни от третьего–четвертого класса (средней и повышенной обеспеченности) к шестому–восьмому классу (очень высокой обеспеченности) на всех точках катены. Содержание подвижных фосфатов в почвах пашни и залежи низкое, несущественно повышается при обработке. Снижение содержания обменного калия установлено при освоении залежи и использовании участка под картофель в течение двух лет за счет выноса калия культурой. Коэффициенты пространственного варьирования всех изученных показателей плодородия почв незначительные.

Ключевые слова*: залежь, пашня, катена, точка склона, обработка почвы, влага, температура, показатели плодородия, реакция среды, элементы питания, пространственное варьирование.*

The effect of redevelopment of the deposits on the fertility of dark-gray soil in the forest-steppe zone of the Krasnoyarsk Natural District was shown. The studies were carried out on the soil catena established by geomorphological profile of the deposit massif on the slope of the eastern exposure with a slope. Three points were identified geochemically conjugated to each other, 1.5–2.0

located in different parts of the slope: the top, flattened middle and the foot of the slope. A part of the array of deposits on the slope was processed and introduced into arable land with planting potatoes. During vegetation season of 2016–2017 an assessment of moisture regime, temperature and soil supply with the main nutrients (nitrate and ammonium nitrogen, mobile phosphorus and exchangeable potassium) was given. Spatial variation of all indicators for judging qualitative state of the ecosystem of clean and fallow land deposited as well as for the purpose of methodologically reasonable comparison of the objects of study was investigated. Compared to arable land, the soil moisture content was 10–12 % lower in all positions of the catena due to more intensive moisture transpiration by vegetative herbaceous plants. The soil of arable land at 3–7 ° C warmed up more than that of the deposit. Soil temperature on arable land and deposits was optimal for the development of microorganisms. The activation of nitrification processes and the increase in the content of nitrate nitrogen in the soil of arable land from grade 3–4 (medium and increased supply) to grade 6–8 (very high supply) at all points of the catena were clearly manifested. The content of mobile phosphates in soils of arable land and deposits was low, increasing insignificantly during processing. The decrease in the content of exchangeable potassium was established during the development of the deposit and the use of the plot for potatoes for two years due to the removal of potassium by the culture. The coefficients of spatial variation of all studied indicators of soil fertility were insignificant.

***Keywords**: accumulation, plowing, catena, slope point, tillage, moisture, temperature, fertility indications, medium reaction, nutrients, spatial variation*.

Введение. Во все времена почва была и сейчас остается основой сельскохозяйственного производства. После распада СССР и перестройки уклада сельского хозяйства в 90-х годах XX столетия, в результате тяжелой экономической ситуации множество ценнейших земель выбыло из сельскохозяйственного оборота. По данным Управления Росреестра по Красноярскому краю, площадь сельхозугодий в регионе составляет в настоящее время 4921,7 тыс. га, в том числе: пашня – 2966,2 тыс. га; залежь – 125,5; сенокосы – 669,2; пастбища – 1145,7 тыс. га. Не используется 1136,6 тыс. га ранее распаханных земель [Государственный доклад ..., 2016]. Эти неиспользуемые массивы перешли из пахотных земель в залежные. Началась трансформация их плодородия под действием поселившейся естественной травянистой, древесной и кустарниковой растительности [Люри и др., 2008; Владыченский и др., 2010; Еремин, 2014]. Почвы стали постепенно иметь те свойства и состав, которые им были свойственны до антропогенного воздействия. При повторном введении залежи в оборот обязательно нужно знать, в каком состоянии находится почва по содержанию элементов питания, влажности, реакции среды и т.д. Важно определить, в каком направлении и как изменяются показатели плодородия постагрогенной почвы при ее распашке и дальнейшем сельскохозяйственном использовании.

Цель исследований. Установить влияние повторного освоения на изменение основных показателей эффективного плодородия постагрогенной темно-серой почвы в катене на залежи лесостепной зоны Красноярского края.

Объекты и методы исследований. Исследования проводились на залежных землях бывшего совхоза «Рассвет» Манского района в 2016–2017 гг. По природному районированию эта территория относится к Красноярскому лесостепному округу. На склоне восточной экспозиции массива залежи заложили катену в трех точках (вершина, середина и подножие склона). Разбили два участка площадью 2,8 га, на одном из которых залежь ввели в сельскохозяйственное освоение. В течение двух лет провели обработку почвы с посадкой картофеля. Второй участок был оставлен в качестве контроля без распашки.

Во всех точках катены в оба года исследований отобрали агрохимические образцы из слоя 0-10 и 10-20 см в трехкратной повторности. Отбор почвенных образцов проводили в конце летних месяцев (июнь, июль, август), когда наиболее активны все процессы, протекающие в почве и на ее поверхности. Термовесовым методом определили содержание влаги (%). В эти же сроки измерили температуру почвы (°C) в слое 0-10 см термометром Cnecktemp 1 by HANNA (°C). Содержание аммонийного азота ($N\text{-}NH_4$) определили с реактивом Несслера, нит-

ратного азота ($N\text{-}NO_3$) – ионометрическим экспресс-методом (ГОСТ 26951-86), подвижного фосфора (P_2O_5) и обменного калия (K_2O) – по методу Кирсанова. Ионометрически определили обменную (pH_{KCl}) кислотность. Для каждого показателя (Mср) рассчитали коэффициент пространственного варьирования (Cv, %), свидетельствующий о степени выровненности почвенного плодородия и качественном состоянии экосистемы залежи и пашни на разных элементах рельефа.

По полевому морфологическому описанию почвы изучаемых залежей относятся к темно-серым тяжелосуглинистым. Общее строение профиля – Apa-A_1-A_1B-Bg-BCg-Cg. В различных точках катены установлено, что профили почв полноразвитые. Во всех почвенных разрезах отчетливо выделяется бывший пахотный слой (Apa), свидетельствующий о постагрогенной стадии развития почв. Верхняя часть профилей почв имеет слабые признаки оподзоливания. Почвы по всей глубине не вскипают. Генетические горизонты во всех почвах характеризуются наличием признаков поверхностного оглеения, особенно хорошо выраженного в зоне иллювиирования и материнской породе. Самая высокая морфологически выраженная степень гумусированности почв отмечается в средней и нижней точке катены, а степень оподзоливания более выражена в почве верхней точки катены. Признаки оглеения почвы наиболее сильно проявляются в нижней точке катены за счет более высокого уровня капиллярной каймы [Данилов, 2017]. При введении залежи в пашню морфологически изменяется только верхняя часть гумусового горизонта, приобретая рыхлую плотность сложения.

Результаты исследований и их обсуждение. Почвенная влага представляет собой одну из важнейших составных частей почвы. Она играет весьма важную роль в почвообразовании, так как передвижение различных веществ в почвенной толще, в результате которого формируется почвенный профиль, совершается по преимуществу в виде растворов.

Таблица 1

Содержание общей влаги (Mср, %) и ее пространственное варьирование (Cv, %) в почве залежи и пашни

Точка склона	Глубина, см	Дата	2016 г.				2017 г.			
			Залежь		Пашня		Залежь		Пашня	
			Mср	Cv	Mср	Cv	Mср	Cv	Mср	Cv
Вершина	0-10	28.06	28,2	3,6	37,6	0,8	18,5	9,3	17,0	5,6
	10-20		28,7	2,2	41,7	2,2	25,6	4,8	17,7	5,1
	0-10	28.07	31,5	4,1	41,7	2,1	35,4	2,5	30,7	1,8
	10-20		30,4	2,6	41,2	3,9	34,9	8,9	34,7	4,2
	0-10	28.08	32,5	3,1	34,6	1,8	30,5	1,6	33,1	5,3
	10-20		32,1	3,4	32,2	7,1	30,1	0,2	35,4	4,1
Середина	0-10	28.06	39,5	1,9	43,9	5,7	21,3	3,5	31,1	2,1
	10-20		41,9	2,9	48,0	1,9	21,6	3,2	38,6	2,9
	0-10	28.07	34,6	0,7	37,7	6,4	48,7	2,4	48,4	5,7
	10-20		39,1	0,8	35,5	4,4	46,8	2,4	47,8	7,2
	0-10	28.08	37,7	2,1	44,2	1,4	40,6	1,6	45,8	2,5
	10-20		38,9	2,4	41,5	3,2	41,0	3,8	47,3	0,7
Подножие	0-10	28.06	38,2	2,1	46,3	3,4	17,8	2,3	34,9	3,1
	10-20		39,8	2,5	45,2	1,0	17,6	2,7	35,1	9,0
	0-10	28.07	36,6	1,4	43,9	1,4	38,2	0,8	37,6	3,7
	10-20		35,8	2,2	43,1	2,4	37,6	4,3	45,0	5,5
	0-10	28.08	39,8	1,4	45,1	3,8	34,2	3,7	43,1	3,8
	10-20		38,9	1,6	39,2	6,5	34,8	0,6	46,7	2,1

Вместе с тем почвенная влага принимает большое участие во многих процессах превращения веществ, происходящих в почве [Вальков и др., 2006].

Оптимальная влажность почвы является основным условием формирования продуктивности растений. За два года исследований установлены существенные колебания по содержанию общей влаги в темно-серой лесной почве чистой залежи. В разных точках склона катены эти величины колеблются в среднем от 25 до 40 % (см. табл. 1). Как правило, содержание влаги в слое 0-10 см выше по сравнению со слоем 10-20 см. Наиболее увлажнена почва обоих слоев в средней выположенной аккумулирующей части склона. В почве залежи содержание влаги ниже в сравнении с пашней. Это обусловлено меньшим проникновением влаги и большей ее транспирацией интенсивно развивающейся травянистой растительностью залежи, а также более выраженным паровым пространством, по которому часть влаги испаряется.

В 2017 г. содержание влаги на пашне и залежи несколько меньше, чем в 2016 г., несмотря на большее количество осадков. Это связано с более высокой температурой воздуха в течение всего периода вегетации, что способствовало большему испарении продуктивной влаги из почвы. Максимальная влажность почвы зафиксирована в середине и у подножия склона на залежи в 2016 г. за счет аккумуляции ее с верхней точки склона. В почве пашни содержание влаги в этом году практически одинаковое по всему склону. В 2017 году за счет большего выпадения осадков в сравнении с 2016 годом отмечена аккумуляция почвенной влаги в выположенной середине склона, как на залежи, так и на пашне. Характерно существенное увеличение количества влаги во всех объектах, особенно к концу вегетации.

Пространственное варьирование влажности на различных элементах рельефа, в разных слоях почвы, как на залежи, так и на пашне, незначительное.

Температура почвы также является одним из важнейших условий протекания почвенных процессов и активности жизнедеятельности живых организмов. Она напрямую определяет интенсивность всех биологических процессов, усиливает процессы окисления органического вещества, обмена между почвой и раствором, диффузии веществ в почве. Все эти реакции непосредственно влияют на доступность питательных веществ растениям [Кирюшин, 2010; Лыков, 2016].

За два года исследований температура почвы на пашне и на залежи – оптимальная для развития микроорганизмов и корневой системы растений. Более сильная прогреваемость почвы установлена на распаханном участке по сравнению с залежью, поверхность которой затеняет травянистый полог растений. Различия по температуре почвы между этими объектами составляют от одного до шести градусов (табл. 2). Как правило, в слое 0–10 см температура почвы на обоих объектах исследования выше, чем в слое 10–20 см.

Таблица 2

Температура (Mср, °С) и ее пространственное варьирование (Cv, %) в почве залежи и пашни

Точка склона	Глубина, см	Дата	2016 г.				2017 г.			
			Залежь		Пашня		Залежь		Пашня	
			Mср	Cv	Mср	Cv	Mср	Cv	Mср	Cv
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Вершина	0-10	28.06	20,5	1,1	26,7	1,1	26,0	0,4	29,6	3,2
	10-20		16,7	1,2	18,5	5,9	20,3	1,4	21,1	1,4
	0-10	28.07	18,0	2,5	22,0	1,4	19,6	0,0	19,3	0,8
	10-20		16,6	1,2	18,1	0,4	19,6	0,3	19,9	0,2
	0-10	28.08	13,4	0,6	14,8	1,5	17,2	1,9	22,3	3,1
	10-20		13,5	1,2	13,4	0,5	15,2	1,0	16,6	1,1

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Середина	0-10	28.06	21,1	2,5	27,6	3,1	23,2	2,5	26,3	1,4
	10-20		15,7	1,5	16,5	1,4	17,9	1,3	19,5	1,5
	0-10	28.07	19,5	0,9	23,6	2,1	18,7	0,1	18,4	0,5
	10-20		17,2	0,8	18,3	0,4	18,3	0,7	18,2	0,6
	0-10	28.08	14,2	1,5	14,5	3,6	17,4	1,1	20,7	2,2
	10-20		13,6	0	13,7	0,7	15,3	0,2	16,7	0,9
Подножие	0-10	28.06	20,6	1,0	22,9	1,8	24,4	3,7	27,7	1,7
	10-20		15,5	1,5	15,3	2,6	19,0	1,7	21,6	1,6
	0-10	28.07	19,0	1,6	22,9	1,0	19,3	0,6	18,2	1,0
	10-20		16,9	0,4	18,1	0,4	18,9	0,5	17,7	0,9
	0-10	28.08	13,8	1,8	15,6	1,3	16,7	1,8	20,9	1,0
	10-20		13,2	1,1	14,1	1,0	15,8	1,6	16,8	1,0

Теплообеспеченность почвы, как на пашне, так и на залежи, полностью зависит от погодных условий года. В 2017 году температура почвы пашни и залежи во все сроки определения и на всех точках склона выше, чем в 2016 году, что связано с меньшим количеством осадков и более жарким летом. Почва на вершине склона относительно других точек практически всегда характеризуется повышенной температурой. Это прежде всего связано с высоким положением данной точки по геоморфологическому профилю относительно других, а также с более высокой разреженностью растительного покрова. Подтверждением являются также существенные различия по влажности почвы в этой точке катены. В зависимости от срока определения в течение вегетации и количества атмосферных осадков эти различия по содержанию влаги могут доходить до 12 %.

Следующим фактором лучшего прогревания освоенного участка, особенно на второй год обработки почвы, является менее развитая сорная растительность, выполняющая роль барьера для прогревания почвы. Коэффициенты пространственной вариации температуры почвы незначительные на всех точках катены и во все периоды наблюдения.

Таблица 3

Обменная кислотность по величине pH KCl (Mср) и ее пространственное варьирование (Cv, %) в почве залежи и пашни

Точка склона	Глубина, см	Дата	2016 г.				2017 г.			
			Залежь		Пашня		Залежь		Пашня	
			Mср	Cv	Mср	Cv	Mср	Cv	Mср	Cv
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Вершина	0-10	28.06	5,0	1,1	5,0	0,0	4,6	0,6	4,8	0,9
	10-20		5,0	1,5	5,0	0,3	4,6	0,6	4,8	1,0
	0-10	28.07	5,0	2,2	5,0	1,0	4,7	0,6	4,8	0,9
	10-20		5,1	1,4	5,0	0,0	4,7	0,0	4,8	0,6
	0-10	28.08	5,0	1,4	5,2	1,4	5,0	0,6	4,9	2,2
	10-20		5,0	1,0	5,1	1,0	5,0	1,3	4,8	0,6
Середина	0-10	28.06	5,1	1,1	5,1	1,0	4,8	0,9	4,8	0,6
	10-20		5,1	1,6	5,1	0,1	4,8	0,6	4,8	0,0
	0-10	28.07	5,1	1,0	5,2	0,0	4,8	0,6	4,8	0,0
	10-20		5,3	0,9	5,2	0,0	4,9	1,0	4,9	0,6
	0-10	28.08	5,1	1,0	5,2	1,0	4,8	1,0	4,8	0,6
	10-20		5,2	1,0	5,2	1,0	4,7	0,6	4,8	0,0

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Подножие	0-10	28.06	4,8	1,0	5,0	0,9	4,8	0,6	4,7	0,0
	10-20		4,8	1,1	5,0	1,0	4,6	0,6	4,7	0,9
	0-10	28.07	5,0	1,0	5,0	0,0	4,7	1,4	4,7	0,0
	10-20		5,0	1,0	5,0	0,0	4,7	0,6	4,8	0,6
	0-10	28.08	5,0	0,0	5,0	1,0	4,7	0,0	4,9	0,0
	10-20		5,0	0,0	5,0	1,0	4,7	0,6	4,8	0,6

Кислотно-основное состояние почвы обуславливает многие особенности поведения элементов в почве. Реакция почвенного раствора также оказывает непосредственное действие на культуры [Кирюшин, 2010]. Реакция почвы является мобильным показателем почвенного плодородия, отражающим состояние и динамику экосистемы. Постагрогенные темно-серые почвы залежей характеризуются слабокислой реакцией, что является оптимальным условием произрастания большинства сельскохозяйственных культур, в том числе картофеля.

В 2017 г., как на пашне, так и на залежи, во всех точках катены установлено снижение величины pH KCl, следовательно, некоторое подкисление почвы (табл. 3). Это связано с прижизненным влиянием растительности, которая корнями использует кальций, калий и другие катионы в обмен на катионы водорода корневых волосков. В ризосфере хорошо развивающихся растений всегда почвенный раствор подкисляется, особенно на залежи.

Для оценки эффективного плодородия, то есть действительной способности почвы обеспечивать высокие урожаи сельскохозяйственных культур, очень важное значение имеет содержание в ней питательных веществ в доступных для растений формах [Минеев, 2006].

Аммонийная форма азота менее доступна для растений, однако она показывает потенциал почвенного плодородия. При улучшении водного, воздушного и температурного режима в обработанной почве активизируются процессы нитрификации, и аммонийная форма азота переходит в нитратную. Содержание аммонийного азота в слое почвы 0-10 см на верхней точке склона залежи в 2016 году несколько выше в летние месяцы по сравнению с 2017 годом (табл. 4). Это вызвано активным поступлением растительных остатков прошлого года, более высокой влажностью почвы в сравнении с 2017 г., а также лучшим прогреванием почвы в эти месяцы для активизации процессов минерализации органического вещества. К августу 2017 г. содержание аммонийного азота в обоих слоях почвы, особенно на пашне, существенно увеличивается, почва переходит из класса с низкой обеспеченностью аммонийным азотом в класс средней обеспеченности. В этом месяце почва была лучше прогрета в сравнении с 2016 г., а осадков поступило больше на 45 мм, что способствовало активизации процесса аммонификации и образованию аммонийного азота. В целом на вершине катены почва залежи и пашни характеризуется от низкой до средней обеспеченности аммонийным азотом. В нижней точке склона почвы залежи содержание аммонийного азота во все сроки определения 2017 г. не выходят за пределы второго класса, то есть низкой обеспеченности. Это связано с большей уплотненностью почвы в понижении, как следствие, снижением активности процессов минерализации органического вещества.

В почве пашни 2017 г. на всех точках склона содержание аммонийного азота понижается, что вызвано меньшим поступлением растительных остатков, более высоким потреблением и выносом азота урожаем картофеля. Очевидно, что при дальнейшем сельскохозяйственном использовании содержание этой формы азота будет снижаться за счет существенного уменьшения поступления и разложения растительных остатков надземной массы и корней.

Таблица 4

Содержание аммонийного азота (Мср, мг/100 г почвы) и его пространственное варьирование (Cv, %) в почве залежи и пашни

Точка склона	Глубина, см	Дата	2016 г.				2017 г.			
			Залежь		Пашня		Залежь		Пашня	
			Мср	Cv	Мср	Cv	Мср	Cv	Мср	Cv
Вершина	0-10	28.06	7,4	6,0	9,0	5,7	6,1	9,1	4,2	8,3
	10-20		5,8	8,2	6,0	10,1	5,7	12,7	5,0	4,5
	0-10	28.07	6,5	3,2	8,0	22,0	4,6	11,6	5,3	2,4
	10-20		5,0	10,0	6,8	4,8	4,8	4,5	6,4	13,3
	0-10	28.08	6,8	5,3	7,1	8,2	11,5	10,0	6,4	5,4
	10-20		6,3	22,4	5,9	15,9	9,1	14,2	6,6	6,6
Середина	0-10	28.06	8,0	10,2	8,4	4,4	6,2	7,4	5,9	6,7
	10-20		8,2	8,1	7,8	7,4	6,6	9,3	5,5	13,5
	0-10	28.07	8,5	6,9	6,5	4,1	5,3	7,6	5,6	2,4
	10-20		7,1	3,8	7,0	7,4	10,0	26,5	6,0	10,1
	0-10	28.08	9,5	6,0	8,1	8,3	12,5	21,8	5,4	6,8
	10-20		7,9	11,9	7,2	13,0	5,0	10,7	5,4	4,6
Подножие	0-10	28.06	8,2	7,9	9,7	5,8	4,5	5,5	4,4	1,9
	10-20		7,8	6,5	9,3	9,2	4,5	1,1	5,3	12,5
	0-10	28.07	7,8	9,5	7,5	2,8	5,4	6,5	4,7	8,0
	10-20		6,7	0,0	6,3	5,3	4,4	9,9	5,7	2,1
	0-10	28.08	7,6	14,9	8,3	8,9	5,2	1,7	11,6	8,4
	10-20		8,0	6,4	7,2	2,1	4,6	9,8	5,8	11,3

Коэффициенты пространственного варьирования аммонийного азота на всех объектах, во всех точках катены и в оба года исследования также незначительные, что свидетельствует о стабильности экосистемы залежи и пашни.

Обеспеченность темно-серых почв объектов исследования нитратным азотом характеризуется в первый год распашки залежи преимущественно как повышенная, высокая и очень высокая (табл. 5). Содержание нитратного азота в почве залежи в 2017 г. значительно уступает его количеству в 2016 г. во всех слоях и на разных точках склона. Существенное снижение этой формы азота в почве залежи вызвано интенсивным использованием его активно развивающейся травянистой растительностью в условиях хорошей влагообеспеченности данного года.

Таблица 5

Содержание нитратного азота (Мср, мг/кг почвы) и его пространственное варьирование (Cv, %) в почве залежи и пашни

Точка склона	Глубина, см	Дата	2016 г.				2017 г.			
			Залежь		Пашня		Залежь		Пашня	
			Мср	Cv	Мср	Cv	Мср	Cv	Мср	Cv
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Вершина	0-10	28.06	48,0	6,0	41,2	3,0	10,3	3,9	41,1	2,9
	10-20		34,9	4,5	43,2	4,5	18,7	13,4	46,0	16,1
	0-10	28.07	38,9	19,5	109,8	2,7	14,7	10,9	64,7	12,4
	10-20		28,5	13,2	92,6	10,2	14,7	11,7	49,6	11,5
	0-10	28.08	36,6	12,2	40,9	17,0	11,9	7,0	75,7	12,4
	10-20		35,2	9,5	44,8	13,6	11,5	3,5	51,0	16,1

Окончание табл. 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Середина	0-10	28.06	36,0	6,2	42,9	5,5	20,1	5,9	108,7	9,3
	10-20		44,0	8,9	42,9	5,3	19,4	5,4	81,4	11,9
	0-10	28.07	36,6	20,8	108,1	8,1	23,8	23,2	59,3	36,3
	10-20		26,0	17,0	91,3	9,5	17,1	20,6	60,9	30,3
	0-10	28.08	68,8	9,5	55,9	22,4	27,3	7,6	69,1	14,4
	10-20		66,1	3,5	46,0	8,0	17,5	9,8	44,2	12,5
Подножие	0-10	28.06	41,2	11,2	48,0	3,4	11,9	7,0	83,7	4,7
	10-20		43,2	9,7	34,9	4,8	20,5	24,3	82,5	9,9
	0-10	28.07	31,2	9,3	102,8	2,6	11,7	7,6	30,7	9,3
	10-20		28,5	13,2	81,9	7,4	14,3	4,9	28,0	21,1
	0-10	28.08	66,9	13,7	63,3	12,1	10,5	1,2	69,1	26,8
	10-20		66,8	8,1	48,8	17,7	11,9	12,5	44,2	23,8

На освоенной из-под залежи пашне, подверженной механической обработке, содержание нитратного азота значительно повышается. Почва переходит из четвертого класса с повышенной обеспеченностью в седьмой-восьмой класс, то есть с очень высокой обеспеченностью. Разделка пласта залежи с большим запасом легкоразлагаемого органического вещества, дальнейшее вовлечение ее в пашню существенно снижают плотность почвы, резко улучшают воздушный режим, приводят к усилению микробиологической активности и развитию интенсивных процессов нитрификации. С увеличением продолжительности обработки к 2017 г. содержание нитратного азота в почве пашни существенно увеличивается, что связано с более высокой активностью бактерий нитрификаторов, обусловленной оптимальными условиями увлажнения, более лучшей оструктуренностью и меньшей засоренностью за счет обработки.

Пространственное варьирование нитратного азота несколько выше, чем аммонийного. Вариабельность этого показателя эффективного плодородия повышается на обработанной пашне из-за неравномерности пространственной минерализации органического вещества при введении залежи в пашню.

Таблица 6

Содержание подвижного фосфора (Мср, мг/кг почвы) и его пространственное варьирование (Cv, %) в почве залежи и пашни

Точка склона	Глубина, см	Дата	2016 г.				2017 г.			
			Залежь		Пашня		Залежь		Пашня	
			Мср	Cv	Мср	Cv	Мср	Cv	Мср	Cv
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Вершина	0-10	28.06	46	10,1	35	2,5	35	12,2	30	11,1
	10-20		35	5,6	37	1,3	39	1,7	43	0,7
	0-10	28.07	45	15,8	39	3,6	20	2,5	48	4,7
	10-20		43	18,4	36	5,0	25	26,9	46	10,6
	0-10	28.08	34	2,1	40	2,7	46	28,3	35	11,1
	10-20		35	7,7	37	9,4	25	9,3	23	3,8
Середина	0-10	28.06	48	2,7	57	6,0	39	17,5	68	18,3
	10-20		46	6,3	55	5,7	53	8,3	43	30,9
	0-10	28.07	54	1,5	68	0,0	46	24,6	80	8,1
	10-20		53	4,7	63	5,2	56	8,1	77	3,5
	0-10	28.08	53	7,5	58	2,1	39	20,4	32	17,6
	10-20		53	7,3	58	2,1	16	5,1	33	29,0

Окончание табл. 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Подножие	0-10	28.06	48	8,4	62	4,6	48	23,9	56	19,8
	10-20		48	9,9	62	5,6	37	14,9	54	9,7
	0-10	28.07	44	6,1	51	2,3	63	19,6	62	18,3
	10-20		35	11,4	47	5,7	58	2,3	54	8,4
	0-10	28.08	50	3,0	44	8,3	27	2,6	65	9,8
	10-20		49	3,3	47	4,7	27	3,2	34	12,7

Фосфор является одним из важнейших элементов питания. При недостатке фосфора нарушается обмен энергии и веществ в растениях [Чумаченко, 2002].

Содержание подвижного фосфора в оба года исследований, как на залежи, так и на пашне, низкое и находится практически на одинаковом уровне. Отмечается незначительное увеличение содержания фосфора в почве пашни в августе 2016 г. на вершине склона и в летние месяцы 2017 г. на середине склона (табл. 6).

Повышение активности почвенных микроорганизмов в условиях достаточного увлажнения почвы в этих точках катены способствовало интенсивному разложению растительных остатков и образованию фосфатов в аморфной подвижной форме. В остальные сроки определения за два года исследования содержание подвижного фосфора ниже в почве пашни в сравнении с залежью. Снижение этого элемента питания объясняется использованием его растениями и выносом культурой картофеля.

Коэффициенты варьирования подвижных фосфатов, как на залежи, так и на пашне, во все годы исследования находятся в пределах от незначительного до среднего значения. Несколько выше пространственная вариабельность подвижного фосфора в почве пашни. Как указывалось выше, это связано с пространственной неравномерностью минерализации органического вещества, поступившего в почву при распашке залежи.

Значение калия в формировании величины и качества урожая сельскохозяйственных культур, особенно овощных и картофеля, многоцелевое [Минеев, 2006].

В 2017 г. содержание обменного калия в почве залежи незначительно выше, чем в 2016 г. Это обусловлено большим поступлением, лучшими условиями разложения и трансформации растительных остатков в 2017 г. по всему склону. Во всех точках катены почва на залежи и пашне характеризуется достаточной обеспеченностью этим элементом питания (табл. 7). По содержанию обменного калия почва вершины и середины склона в оба года исследования практически одинакова и не выходит за пределы третьего класса обеспеченности, то есть средней.

Таблица 7

Содержание обменного калия (Mср, мг/кг почвы) и его пространственное варьирование (Cv, %) в почве залежи и пашни

Точка склона	Глубина, см	Дата	2016 г.				2017 г.			
			Залежь		Пашня		Залежь		Пашня	
			Mср	Cv	Mср	Cv	Mср	Cv	Mср	Cv
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Вершина	0-10	28.06	132,0	6,5	128,0	3,2	183,1	1,4	157,0	6,6
	10-20		120,0	7,3	145,0	8,6	142,8	1,6	131,6	1,3
	0-10	28.07	128,3	5,7	149,3	7,9	173,3	1,2	132,0	7,4
	10-20		120,3	10,5	132,0	8,2	138,4	0,7	110,7	2,9
	0-10	28.08	126,7	6,7	166,0	22,6	174,3	1,4	141,4	8,6
	10-20		127,0	5,7	132,7	2,7	136,9	1,6	148,6	8,1

Окончание табл. 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Середина	0-10	28.06	111,0	8,8	169,0	5,9	191,4	1,8	174,3	1,7
	10-20		101,0	7,6	139,0	4,7	137,5	1,3	137,1	1,2
	0-10	28.07	133,0	5,6	179,7	7,9	175,8	1,3	128,3	2,3
	10-20		111,7	2,4	151,7	8,9	118,0	2,3	101,7	4,7
	0-10	28.08	120,0	5,4	136,0	2,1	185,4	1,5	147,1	4,9
	10-20		114,3	1,9	116,0	10,1	137,1	1,6	118,0	0,7
Подножие	0-10	28.06	111,0	8,9	210,0	7,2	170,5	3,9	180,6	0,5
	10-20		99,0	7,3	213,0	7,1	150,5	5,4	127,5	9,3
	0-10	28.07	119,0	7,3	167,7	2,7	150,5	2,6	128,1	2,5
	10-20		108,7	3,7	138,7	9,2	125,4	5,0	96,9	1,8
	0-10	28.08	115,3	6,1	145,7	14,5	152,3	5,2	162,6	2,0
	10-20		111,0	7,2	121,0	13,7	140,3	3,0	103,1	2,9

Распашка залежи в первый год приводит к существенному повышению калия в почве за счет его выхода из кристаллических решеток минералов, при механическом воздействии на них, в обменное состояние. Снижение содержания обменного калия в почве с увеличением срока использования пашни очевидно, что связано с его высоким выносом калиелюбивым картофелем, который за сезон может вынести со средним урожаем до 100–120 кг/га обменного калия почвы или удобрений.

Коэффициенты пространственного варьирования содержания обменного калия несущественны как на залежи, так и на пашне. По мере увеличения продолжительности обработки пространственное варьирование содержания калия существенно снижается.

Заключение. При введении залежи в сельскохозяйственное использование улучшаются режимы влажности и температуры почвы, что, в свою очередь, приводит к активизации процессов минерализации, существенному повышению содержания нитратного азота и некоторому увеличению количества подвижного фосфора. Наиболее активно эти процессы протекают в средней выположенной части склона изученной катены за счет аккумуляции влаги, более интенсивного развития травянистой растительности и поступления в почву органического вещества. После распашки залежи прослеживается незначительное снижение эффективного плодородия по содержанию обменного калия, что обусловлено потреблением его культурой картофеля. Установленные закономерности процессов, происходящих в почве, свидетельствуют о необходимости регулирования эффективного плодородия почв залежей при их введении в пашню. Особенно большое значение должно придаваться внесению фосфорно-калийных удобрений, соблюдению технологии обработки почвы, направленной на сохранение влаги, предотвращение водной эрозии и улучшение температурного режима. Результаты такой оценки являются важнейшей предпосылкой ведения земледелия на ландшафтной основе.

Литература

1. *Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И.* Почвоведение. – М.; Ростов н/Д: МарТ, 2006. – 496 с.
2. *Владыченский А.С., Телеснина В.М., Чалая Т.А.* Изменение экологических функций постагрогенных функций // Отражение био-, гео-, антропосферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове. – Томск, 2010. – Т. 2. – С. 32–38.
3. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2015 году». – Красноярск, 2016. – 304 с. – URL: http://krasecology.ru.
4. *Данилов А.Н.* Изменение плодородия почвы в катене на залежи (на примере Манского района Красноярского края) // Вестник государственного университета им. Н.Ф. Катанова. – 2017. – № 20. – 52 с.
5. *Еремин Д.И.* Залежь как средство восстановления содержания и запасов гумуса старопахотных черноземов лесостепной

зоны Зауралья // Плодородие. – 2014. – № 1(76) – С. 24–26.
6. *Кирюшин В.И.* Агрономическое почвоведение. – М.: КолосС, 2010. – 82 с.
7. *Лыков А.М.* Воспроизводство плодородия почв в лесной зоне. – М.: Россельхозиздат, 2016. – 144 с.
8. *Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А.* Закономерности вывода из оборота сельскохозяйственных земель России и мире и процессы постагрогенного развития залежей // Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственного оборота. – М., 2008. – С. 45–71.
9. *Минеев В.Г.* Агрохимия. – М.: Наука, 2006. – 719 с.
10. *Чумаченко И.Н.* Фосфор в жизни растений и плодородии почв. – М.: ЦИНАО, 2002. – 124 с.

Literatura

1. *Val'kov V.F., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I.* Pochvovedenie. – M.; Rostov n/D: MarT, 2006. – 496 s.
2. *Vladychenskij A.S., Telesnina V.M., Chalaja T.A.* Izmenenie jekologicheskih funkcij postagrogennyh funkcij // Otrazhenie bio-, geo-, antroposfernyh vzaimodejstvij v pochvah i pochvennom pokrove. – Tomsk, 2010. – T. 2. – S. 32–38.
3. Gosudarstvennyj doklad «O sostojanii i ohrane okruzhajushhej sredy v Krasnojarskom krae v 2015 godu». – Krasnojarsk, 2016. – 304 s. – URL: http://krasecology.ru.
4. *Danilov A.N.* Izmenenie plodorodija pochvy v katene na zalezhi (na primere Manskogo rajona Krasnojarskogo kraja) // Vestnik gosudarstvennogo universiteta im. N.F. Katanova. – 2017. – № 20. – 52 s.
5. *Eremin D.I.* Zalezh' kak sredstvo vosstanovlenija soderzhanija i zapasov gumusa staropahotnyh chernozemov lesostepnoj zony Zaural'ja // Plodorodie. – 2014. – № 1(76) – S. 24–26.
6. *Kirjushin V.I.* Agronomicheskoe pochvovedenie. – M.: KolosS, 2010. – 82 s.
7. *Lykov A.M.* Vosproizvodstvo plodorodija pochv v lesnoj zone. – M.: Rossel'hozizdat, 2016. – 144 s.
8. *Ljuri D.I., Gorjachkin S.V., Karavaeva N.A.* Zakonomernosti vyvoda iz oborota sel'skohozjajstvennyh zemel' Rossii i mire i processy postagrogennogo razvitija zalezhej // Agrojekologicheskoe sostojanie i perspektivy ispol'zovanija zemel' Rossii, vybyvshih iz aktivnogo sel'skohozjajstvennogo oborota. – M., 2008. – S. 45–71.
9. *Mineev V.G.* Agrohimija. – M.: Nauka, 2006. – 719 s.
10. *Chumachenko I.N.* Fosfor v zhizni rastenij i plodorodii pochv. – M.: CINAO, 2002. – 124 s.