

УДК 631.445.53:631.8 (571.14)

## СВОЙСТВА ПОЧВ СОЛОНЦОВЫХ КОМПЛЕКСОВ БАРАБЫ В АГРОЦЕНОЗЕ ПАШНЯ–ЗАЛЕЖЬ

© 2020 г. Л. П. Галеева

Новосибирский государственный аграрный университет  
630039 Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, Россия

E-mail: liub.galeeva@yandex.ru

Поступила в редакцию 18.09.2019 г.

После доработки 17.11.2019 г.

Принята к публикации 10.04.2020 г.

В пашне севооборота пар–пшеница–овес–овес и в последующей за ней естественной залежи изучено действие и последствие минеральных удобрений на урожайность зерновых культур и естественных трав и свойства почв солонцового комплекса. Использование почвы в пашне с применением минеральных удобрений оказывало положительное влияние на ее свойства. Наибольшая урожайность зерновых культур была получена в варианте применения P120. Последующее залужение пашни в течение 20 лет приводило к появлению мощного слоя войлока на поверхности почвы, которая сохраняла высокие показатели плодородия. Наибольшая урожайность естественных трав получена в варианте N90. Следовательно, почвы залежи можно вновь вовлекать в пашню.

*Ключевые слова:* свойства почв, солонцовые комплексы, Бараба, пашня, залежь.

DOI: 10.31857/S0002188120070066

### ВВЕДЕНИЕ

Солонцы и их комплексы на территории Западной Сибири занимают 6.2 млн га или 40% всех солонцовых почв России. Наибольшие площади их находятся в Омской, Новосибирской обл. и Алтайском крае [1]. Начиная с периода освоения целинных и залежных земель Западной Сибири, к середине 1990-х гг. прошлого века, почвы солонцовых комплексов Барабы были вовлечены в пашню. При внесении минеральных удобрений в те годы на них получали высокие урожаи зерновых и кормовых культур [2, 3]. В Новосибирской обл. на солонцы и их комплексы с другими почвами в 1980–1990 гг. прошлого столетия приходилось 50% от площади сельскохозяйственных угодий, а в отдельных районах они составляли до 80–82% [4]. Отсутствие с 1994 г. государственного финансирования на проведение мероприятий на почвах солонцовых комплексов привели к сокращению площади пашни и росту за счет них так называемых “залежных” земель. В настоящее время целесообразно более эффективно использовать почвы, перешедшие в многолетнюю залежь, и их плодородие, созданное ранее в пашне при длительном внесении минеральных удобрений [5].

Цель работы – изучение изменений свойств почв солонцового комплекса северной лесостепи Барабы при длительном использовании в пашне, а затем перешедших в залежь.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводили на территории ОАО “Кабинетное” Чулымского р-на Новосибирской обл. (бывший солонцовый стационар СибНИИЗХим СО РАСХН) в периоды 1981–1995 гг. в пашне поля севооборота пар–пшеница–овес–овес, с 1996 г. по 2015 г. – в 10- и 20-летней естественной залежи. В течение 4-х ротаций поле использовали в звене севооборота с систематическим применением минеральных удобрений. Обработку почвы проводили безотвально осенью стойками СибИМЭ на глубину 25–27 см. В качестве азотных удобрений вносили  $N_{aa}$  (34% д.в.) во все поля севооборота, кроме чистого пара, фосфорные – в виде  $P_{cd}$  (42% д.в), калийные –  $K_x$  (60% д.в.) и их различные сочетания ежегодно под весеннюю культувацию. Высевали яровую пшеницу (*Triticum aestivum* L.) сорта Новосибирская 29 и овес (*Avena sativa*) сорта Золотой дождь. Схема опыта в пашне включала 17 вариантов, более подробные исследования выполнены в 8-ми вариантах, в которых были отобраны почвенные и растительные

	повторность 1	повторность 2	повторность 3	повторность 4	
	1. N90P40		41. N90P40	61.	С 1986 г. исключена из опыта
	2. N60P120	Сн г.	42. N60P80	62.	
	3. N60P80	13. Запас	43. P120* Лч	63.	
	4. P120*	14. N90P120K30	44. N60P120	64.	
	5. 0 (без удобрений)*	Сн к. 0	Сн м. N30P80	65.	
	6. N30P80	0	N30P40*	66.	
	7. N30P40*	19. 0	47. 0 (без удобрений)*	67.	
	8. N90*	Сн гл. 0 (без удобрений)	48. N90*	68.	
	9. N60	Сн с. 29. N60P120	49. N60	69.	
	10. N30*	30. N30P80	Сн г. N30*	70.	
	11. P80	Чл 1. N30P40	51. N90P120*	71.	
	12. P40*	Сн м. 32. P120	52. N30P120	72.	
	13. N30P120	33. P80	53. N90P80	73.	
	14. N90P120*	34. P40	Сн г. N60P40	74.	
	15. N90P80	35. N30	P80	75.	
	16. N60P40	Сн г. 36. N	56. P40*	76.	
	17. Запас	Сн к. 37. N	57. Запас Сн м.	77.	
	18. Запас	38. N90P80	58. Запас	78.	
	19. Запас	39. N90P120	59. Запас	79.	
	20. N90P120K30*	40. N30P120	60. N90P120K30*	80.	

\* Примечание – варианты отбора почвенных образцов

**Рис. 1.** Карта-схема опытного поля. Условные обозначения: Сн к. – солонец корковый, Сн м. – солонец мелкий, Сн с. – солонец средний, Сн г. – солонец глубокий, Лч – черноземно-луговая почва, Чл – лугово-черноземная почва.

образцы и учтена урожайность зерновых культур и естественных трав: 1 – контроль, 2 – N30, 3 – N90, 4 – P40, 5 – P120, 6 – N30P40, 7 – N90P120, 8 – N90P120K30. Повторность трех–четырёхкратная, площадь делянки 170 м<sup>2</sup> (10 × 17 м). Почвенные образцы отбирали на 1-й и 3-й повторностях опыта по слоям с интервалом 20 см бурением в пашне (1982–1995 гг.) – ежегодно весной до посева и осенью перед уборкой зерновых, в залежи (2005 и 2015 гг.) – в фазе массового цветения трав. Смешанный образец почвы составляли из 3-х проб, отобранных по диагонали делянки через равные расстояния. Зерновые культуры убирали полностью с каждой делянки напрямую малогабаритным комбайном Samro 130, естественные травы – методом метровок по 2-м диагоналям делянки в четырехкратной повторности в каждом варианте.

Почвенный покров поля севооборота представлен черноземно-луговыми и лугово-черноземными солонцеватыми почвами в комплексе с солонцами черноземно-луговыми корковыми, мелкими, средними и глубокими малонатриевыми, мощность гумусового слоя которых изменялась от 29 до 37 см, а глубина вскипания карбонатов – от 43 до 53 см (рис. 1). Неоднородность почвенного покрова солонцового комплекса сказывалась на варьировании агрохимических показателей: рН<sub>H<sub>2</sub>O</sub> 7.1–8.0, содержание гумуса – 6–9%, обменного натрия – 2.5–4.0 ммоль-экв/100 г почвы, валовых азота и фосфора – 0.25–0.47 и 0.09–0.18%, N-NO<sub>3</sub> – 14–19, подвижного фосфора по Мачигину (Q) – 21–25 мг/кг, легкодоступного фосфора по Кар-

пинскому–Замятиной (I) – 0.06–0.13 мг/л. Глубина залегания грунтовых вод за период исследования изменялась от 100 до 350 см, воды были слабо минерализованы.

Содержание гумуса в почве определяли по методу Тюрина (ГОСТ 26213-91), рН – потенциометрическим методом (ГОСТ 26483-85), обменные основания и обменный кальций – трилонометрическим методом (ГОСТ 27821-88) [6], общий азот – по Кьельдалю, фосфор – по Гинзбург (ГОСТ 26261-84), нитратный азот – по Грандваль–Ляжу, легкодоступный фосфор (степень подвижности I) – по Карпинскому–Замятиной [7], подвижный фосфор (фосфатную емкость Q) и обменный калий – по Мачигину (ГОСТ 26206-91) [7]. Статистическую обработку данных выполнили дисперсионным анализом пакета программ “Снедекор” [8].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Солонцы и комплексы почв с солонцами >10% на территории Чулымского р-на Новосибирской обл., где проводили исследование, занимают почти 76 тыс. га или 36% от всей площади солонцеватых и солонцовых земель района, 58% из них вовлечены в сельскохозяйственные угодья [1].

Характер действия минеральных удобрений в пашне зернопарового севооборота и их последствия в залежи на урожайность зерновых культур и естественных трав, а также свойства почв был обусловлен комплексностью почвенного покрова

**Таблица 1.** Действие и последствие минеральных удобрений на урожайность зерновых культур в севообороте (1981–1995 гг.) и естественных трав в залежи (1996–2005 гг.), ц/га

Вариант	Пашня, 1981–1995 гг.						Залежь, 1996–2005 гг.			
	ротация севооборота				средняя урожайность	прибавка к контролю	зеленая масса		сено	
	1-я	2-я	3-я	4-я			урожайность	прибавка к контролю	урожайность	прибавка к контролю
1. Контроль	14.0	22.6	15.0	19.5	17.8	–	28.7	–	15.9	–
2. N30	16.7	24.3	19.3	23.0	20.8	+3.0	48.3	+19.6	16.8	+0.9
3. N90	19.2	23.3	18.3	20.6	20.4	+2.6	49.8	+21.1	19.7	+3.8
4. P40	17.7	22.5	15.9	21.8	19.5	+1.7	45.0	+16.3	16.3	+0.4
5. P120	25.5	28.4	25.9	27.9	26.9	+9.1	30.3	+1.6	12.8	–3.1
6. N30P40	20.4	25.9	17.8	23.0	21.8	+4.0	43.2	+14.5	19.2	+3.3
7. N90P120	24.1	25.4	18.3	26.7	23.6	+5.8	24.0	–4.7	10.0	–5.9
8. N90P120K30	22.8	24.6	18.0	26.6	23.0	+5.2	34.2	+5.5	13.1	–2.8
HCP <sub>05</sub>						2.4		19.9		10.4

опытного поля (рис. 1) и условиями тепло- и влагообеспеченности вегетационных периодов в годы исследования.

Температура воздуха вегетационного периода (май–сентябрь) за 93% лет исследования была на уровне среднемноголетней или превышала ее. Сумма осадков в этот период за 66% лет близка к среднемноголетней, или превышала ее и за 34% лет была меньше нее. В среднем вегетационный период (май–сентябрь) всех лет исследования на 86% был жарким и теплым и недостаточно увлажненным. Дефицит осадков отмечен за 51% лет [4].

В 1-й ротации севооборота (1981–1984 гг.) прибавка урожайности зерновых от удобрений составила 2.7–11.5 ц/га (26–82% к контролю) (табл. 1). Во 2-й ротации (1985–1988 гг.) она увеличилась, а действие удобрений имело такую же закономерность, как и в 1-й. Азотные удобрения во всех дозах, в связи с парованием поля в каждой ротации севооборота способствовали накоплению в почвах большого количества нитратного азота, поэтому их эффективное действие проявлялось только в дозе N30. В 3-й ротации урожайность культур была на уровне 1-й ротации, наибольшая прибавка урожая зерновых получена в вариантах P120 и N30 – 73 и 29% к контролю соответственно. В 4-й ротации и в среднем за все 4 ротации севооборота наибольшая продуктивность отмечена в варианте P120 (40 и 51% к контролю соответственно) [5].

Учет урожайности зеленой массы и сена естественных трав залежи, проведенный через 10 лет после залужения опытного поля, показал существенные различия последствия удобрения (1996–2005 гг.) (табл. 1). Урожайность зеленой массы и сена трав в связи с высокой вариабельностью почвенного покрова опытного поля и разным ботаническим составом трав изменялась в

вариантах в пределах 24–50 и 10–20 ц/га соответственно. Наибольшая урожайность зеленой массы трав получена в вариантах N90, N30 и P40 – 49.8, 48.3 и 45.0 ц/га соответственно, где по 50% составляли бобовые и разнотравье. Высокая влажность зеленой массы злаковых трав и бобовых с разнотравьем (47–50 и 60–65% соответственно) сказалась на урожайности сена. Несмотря на отсутствие достоверных различий между вариантами, она на опытном участке в среднем была в 2–4 раза больше, чем на естественных сенокосах в хозяйстве.

Степень покрытия опытного поля травянистой растительностью за 10 лет залужения (1996–2005 гг.) составляла 70–100%. В первой повторности в составе трав преобладали горошек мышиный (*Vicia cracca* L.), овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.) и пырей ползучий (*Elytrigia repens* L.). В 3-й повторности опыта преобладали клевер полевой (*Trifolium arvense* L.) и горошек мышиный (*Vicia cracca* L.) с примесью пырея ползучего, тысячелистника обыкновенного, костреца безостого (*Asplenium septentrionale*), овсяницы луговой, борщевика сибирского (*Heraclium sibiricum* L.), льянки обыкновенной (*Linaria vulgaris* Mill), мятлики (*Poa pratensis* L.) и щетинника зеленого (*Setaria viridis* L.). В варианте P120 и в контроле в составе трав преобладали злаковые разновидности (70%), в вариантах N30P40 и N90P120K30 появлялись еще и бобовые (50%), в вариантах N30; N90; P40 и N90P120 – разнотравье (17–25%) (рис. 2).

Вынос элементов питания травами залежи зависел от величины их урожайности и видового соотношения (рис. 3). Наибольшее потребление азота травами происходило в вариантах N90 и P40 со злаковыми, бобовыми и разнотравьем в их со-

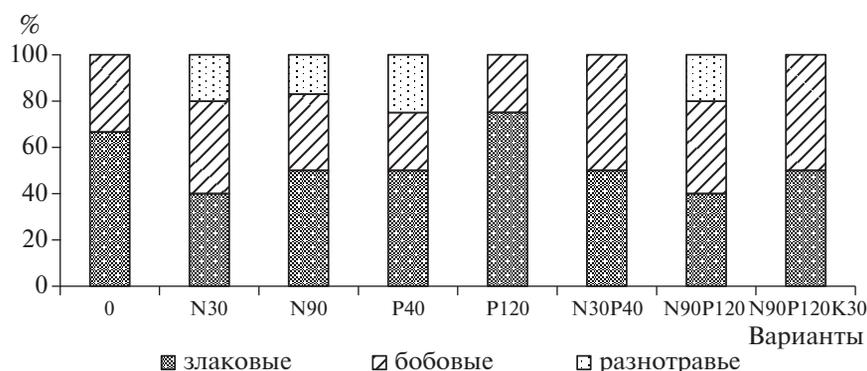


Рис. 2. Влияние последствия минеральных удобрений на видовое соотношение естественных трав залежи почв солонцового комплекса, %.

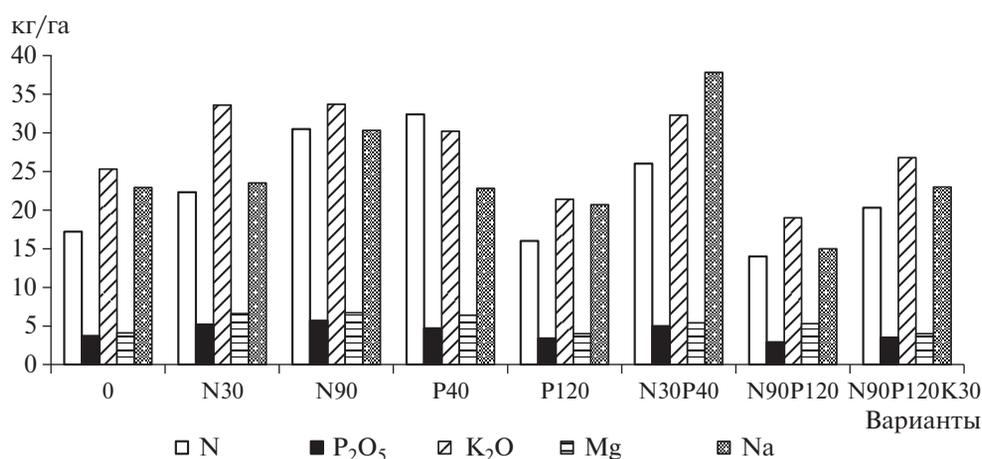


Рис. 3. Общий вынос элементов питания урожаем естественных трав на почвах солонцового комплекса, кг/га.

ставе — 32 и 30 кг/га, что было почти в 2 раза больше контроля с преобладанием в нем злаковых. Вынос фосфора травами был наименьшим из всех элементов питания (3–6 кг/га). Больше всего фосфора, калия и магния травы потребляли в вариантах N30 и N90 с присутствием всех видов трав в составе фитоценоза. Наибольший вынос натрия травами отмечен в вариантах N30P40 и N90. Общее потребление элементов питания травами уменьшалось в ряду: калий — натрий — азот — магний — фосфор в связи с особенностями физико-химических свойств почв солонцового комплекса и видовым составом трав в вариантах опыта [5].

Через 20 лет залужения пашни (2015 г.) поверхность поля была полностью покрыта сплошным войлоком мощностью 10–18 см. Из растительности преобладал пырей ползучий (*Elytrigia repens* L.), небольшими куртинами произрастала клубника (*Fragaria viridis* Duch), единично встречался тысячелистник (*Achillea millefolium* L.), ковыль (*Stipa capillata* L.), молочай (*Euphorbia*) и осот полевой

(*Sonchus arvensis* L.). В 1-й и 3-й повторностях опыта, расположенных ближе к березово-осиновым колкам, отмечены единичные и группами березы (*Betula alba* L.) высотой 1.0–1.5 м, реже — 3.0 м и диаметром ствола 7–12 см с общей площадью под ними примерно 10–15%.

Насыщение поля севооборота минеральными удобрениями (1981–1995 гг.), а затем переход его в залежь (1996–2015 гг.) изменяли свойства и пищевой режим почв солонцового комплекса. В пашне за 4 ротации севооборота уменьшалось в 4 и 10 раз содержание солей и водорастворимого натрия соответственно и происходило смещение максимума соды вниз (рис. 4). pH почвенного раствора снижался со щелочного до слабо щелочного и нейтрального (табл. 2). Через 10 лет залужения поля (2005 г.) содержание солей в почве меньше исходного в 2–3 раза, водорастворимого натрия — в 5 раз.

В составе солей по-прежнему отсутствовала сода. В варианте P120 заметно увеличивалась сумма обменных оснований, из которых 52% состав-

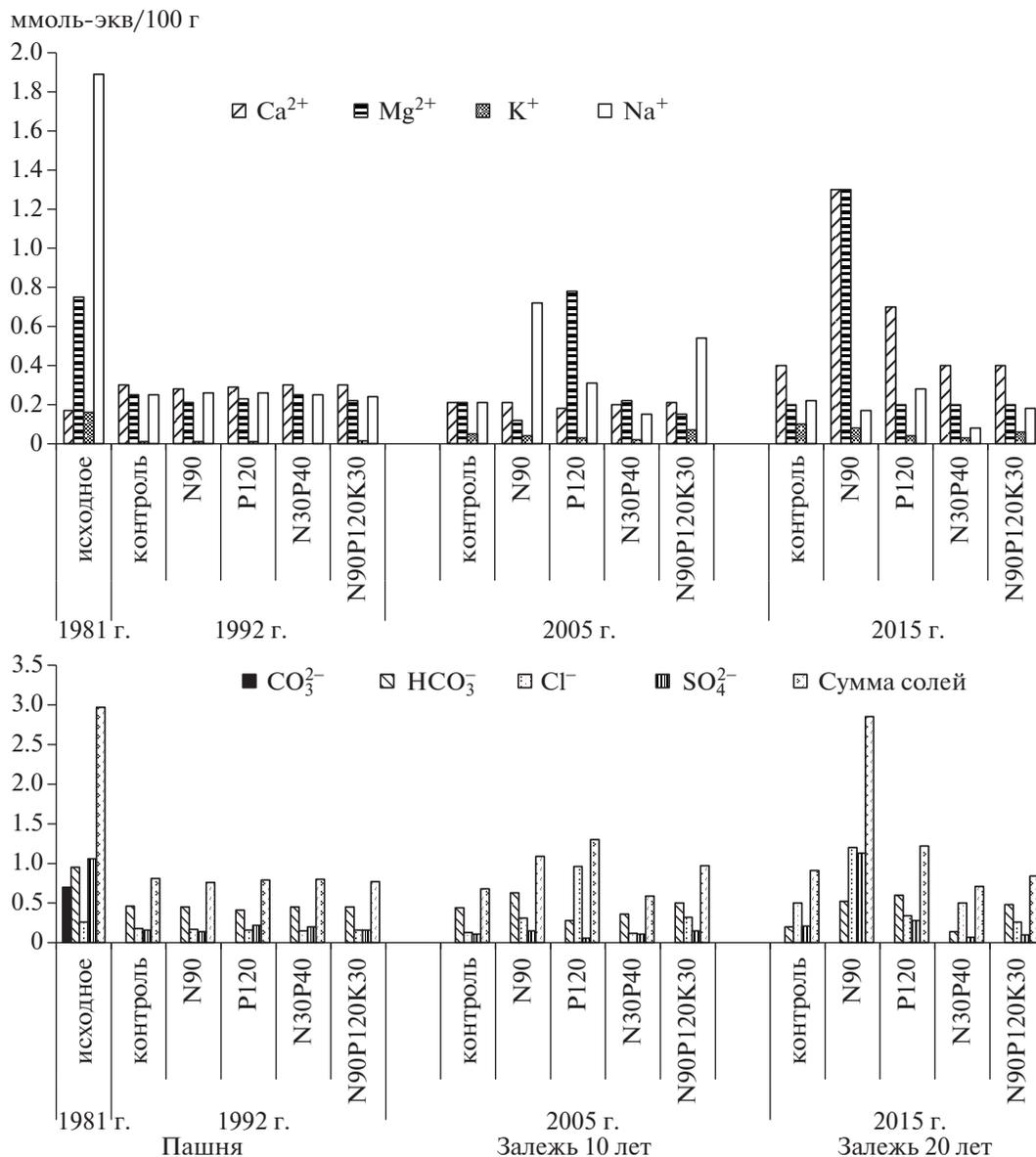


Рис. 4. Изменение состава водной вытяжки почв солонцового комплекса в слое 0–20 см почвы.

лял обменный кальций. Отношение Ca : Mg возросло до 1–1.2, pH почвенного раствора находился в интервале слабощелочного–щелочного.

В 20-летней залежи (2015 г.) в катионном составе водной вытяжки почвы увеличилось содержание кальция, магния, калия и уменьшилось – натрия, в анионном составе отсутствовали карбонаты, уменьшилось количество гидрокарбонатов, увеличилось – хлоридов и сульфатов, а сумма солей не изменилась. Количество обменных оснований и кальция также возросло, а доля магния уменьшилась. На кальций приходилось 67–87% от суммы, а отношение Ca : Mg увеличивалось до 2.6 и 3.5, pH почвенного раствора во всех вариантах был слабощелочным.

Установлено, что минеральные удобрения влияют на соотношение процессов минерализации и гумификации в почве и ее потенциальное и эффективное плодородие [9–11]. Преобладание мелких и средних солонцов в первой повторности опытного поля и глубоких солонцов в комплексе с лугово-черноземной почвой на 3-й повторности определяло разную мощность их гумусового слоя (29 и 37 см) и существенные различия в содержании гумуса (табл. 2), что в среднем в поле перед закладкой опыта в слоях 0–20 и 20–40 см составляло 7.39 и 5.24% соответственно. Минеральные удобрения, систематически внесенные в течение 4-х ротаций севооборота, усиливая минерализацию органического вещества, достоверно умень-

**Таблица 2.** Изменение свойств почв солонцового комплекса в агроценозе пашня–залежь (1981–2015 гг.)

Вариант	рН	Гумус, %		N-NO <sub>3</sub> , мг/кг	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		ПО	BC <sup>p</sup>	K <sub>2</sub> O, мг/кг
		слой, см			I, мг/л	Q, мг/100 г			
		0–20	20–40		слой 0–20 см				
Пашня, чистый пар, 1981 г.									
Исходное содержание	7.90	7.39	5.24	<u>11.3</u> 18.0	0.02	2.4	0.8	120	316
Конец 4-й ротации севооборота, 1995 г.									
1. Контроль	7.70	7.26	Не определяли	<u>1.8</u> 4.5	0.06	2.3	3	38	250
2. N30	7.65	7.60		<u>1.4</u> <u>2.7</u>	0.06	2.0	3	33	234
3. N90	7.47	6.20		<u>2.0</u> 7.0	0.06	2.1	3	35	252
4. P40	7.70	7.65		<u>1.4</u> 2.3	0.16	3.2	5	20	252
5. P120	7.45	7.00		<u>1.4</u> 2.3	0.24	6.0	4	25	230
6. N30P40	7.55	7.15		<u>2.3</u> 5.0	0.15	4.4	3	29	290
7. N90P120	7.60	7.60		<u>2.3</u> 4.0	0.18	9.1	2	50	286
8. N90P120K30	7.42	6.25		<u>1.6</u> 2.7	0.04	4.1	1	102	370
Залежь 10 лет, 2005 г.									
1. Контроль	7.33	7.85	6.20	<u>8.5</u> 15.7	0.40	7.6	0.5	19	381
2. N30	7.61	6.05	6.89	<u>9.9</u> 15.7	0.17	3.2	5	19	320
3. N90	7.49	6.31	6.20	<u>8.6</u> 14.3	0.35	3.0	12	8	350
4. P40	7.88	6.05	6.03	<u>5.9</u> 9.0	0.04	2.1	2	52	333
5. P120	7.24	7.45	5.86	<u>9.4</u> 16.6	0.04	1.0	4	25	282
6. N30P40	7.48	7.55	7.76	<u>11.5</u> 16.2	0.10	6.9	1	69	318
7. N90P120	7.41	7.35	5.00	<u>8.8</u> 14.0	0.14	2.7	5	19	341
8. N90P120K30	7.31	6.77	6.72	<u>5.4</u> 9.6	0.44	5.6	8	12	398
Залежь 20 лет, 2015 г.									
1. Контроль	Не определяли								
2. N30	7.19	6.89	6.89	<u>2.3</u> 6.3	0.28	3.4	8	12	696
3. N90	7.33	6.55	6.03	<u>2.8</u> 7.0	0.34	4.6	7	14	549

Таблица 2. Окончание

Вариант	рН	Гумус, %		N-NO <sub>3</sub> , мг/кг	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		ПО	BC <sup>P</sup>	K <sub>2</sub> O, мг/кг
		слой, см			I, мг/л	Q, мг/100 г			
		0–20	20–40		слой 0–20 см				
4. P40	7.27	6.72	5.86	<u>4.1</u> 9.8	0.39	3.8	10	9	318
5. P120	7.33	7.41	6.20	<u>3.9</u> 9.2	0.34	2.8	12	8	439
6. N30P40					Не определяли				
7. N90P120	7.11	7.58	7.06	<u>4.0</u> 9.7	0.25	2.9	9	11	258
8. N90P120K30	7.32	6.72	6.37	<u>2.0</u> 5.3	0.25	1.9	13	8	310
НСР <sub>05</sub>	0.31	0.72	1.13	<u>6.1</u> 8.8	0.24	3.5	6.4	40.9	196.8

Примечания. 1. Над чертой – содержание в слое 0–20 см, под чертой – в слое 0–40 см. 2. I – степень подвижности фосфатов, ПО – показатель окультуренности, BC<sup>P</sup> – фосфатная буферная способность.

шали содержание гумуса только в вариантах N90 и N90P120K30. Последующее 10-летнее залужение поля севооборота способствовало незначительному накоплению гумуса в слое 0–20 см в контроле и в вариантах P120 и N30P40, стабилизации его содержания в варианте N90P120, в почве остальных вариантов оно было меньше исходного уровня (1981 г.).

В 20-летней залежи содержание гумуса в слое 0–20 см достигало исходного уровня (1981 г.) только в вариантах N90P120 и P120. В слое 20–40 см, за счет поступления органического вещества вторичных корней трав его количество в среднем в поле превышало исходное содержание на 0.6–1.8%.

Установлено, что в черноземах основным источником азотного питания растений является нитратный азот [12–19]. Парование поля севооборота в 1981 г. способствовало его накоплению в пахотном и подпахотном слоях, а обеспеченность им в слое 0–40 см была высокой [20]. Хорошая обеспеченность почвы теплом и влагой в условиях луга, несмотря на систематическое внесение минеральных удобрений в течение 4-х ротаций севооборота, способствовала миграции азота вниз по профилю и не компенсировала его вынос зерновыми культурами из пахотного и подпахотного слоя почвы, обеспеченность азотом была очень низкой и низкой (1995 г.). Через 10 лет залужения поля в слое 0–40 см содержание азота было низким в вариантах P40 и N90P120K30, средним – в вариантах N90 и N90P120 и высоким – в остальных вариантах. При этом 54–80% азота было сосредоточено в слое 0–20 см. В 20-летней залежи (2015 г.) содержание азота в слое почвы 0–40 см во всех ва-

риантах опыта было низким, а 55–62% его находилось в слое 20–40 см.

Доступность для растений почвенных и новообразованных из удобрений фосфатов можно оценить по их интенсивности (степени подвижности – I), количеству (емкости, Q) и буферности (BC<sup>P</sup>) [21–25]. Степень подвижности фосфатов (I) в паровом поле севооборота (1981 г.) была низкой, а фосфатная емкость (Q) – средней (табл. 2). Внесение фосфорных удобрений (P40 и P120) и их совместное применение с азотными (N30P40, N90P120) в течение 4-х ротаций севооборота увеличивало содержание легкодоступного фосфора (I) до повышенного и высокого, в остальных вариантах оно оставалось низким. При этом содержание подвижного фосфора (Q) во всех вариантах, кроме контроля, N30 и N90, возрастало от среднего до повышенного, высокого и очень высокого.

С одной стороны, отношение содержания легкодоступного фосфора (по Карпинскому–Замятиной), или I, мг/л, к подвижному (по Чирикову, или Q, мг/100 г), умноженное на 100, отражает долю легкодоступных фосфатов почвы, или показатель ее окультуренности (ПО) [20]. Чем он больше, тем лучше почва обеспечена легкодоступным фосфором. Длительное использование почвы в пашне с минеральными удобрениями повышало показатель ее окультуренности в 3–6 раз, наибольшим он был в вариантах P40 и P120. С другой стороны, соотношение между количеством фосфора (Q) и его интенсивностью (I) характеризует фосфатную буферную способность почвы (BC<sup>P</sup>), которая показывает, какое количество подвиж-

ных фосфатов должно перейти из их общего запаса в почвенный раствор или должно быть внесено в почву для изменения концентрации фосфора в почвенном растворе на единицу [23]. Использование почвы в пашне севооборота на фоне систематического применения P120 и P40 уменьшало  $BC^P$  с 120 в чистом пару (1981 г.) до 25 и 20 соответственно после 4-х ротаций севооборота, свидетельствуя об уменьшении закрепления фосфора в почве в менее доступных для растений фракциях [24]. Залужение пашни в течение 10 лет из-за небольшого выноса фосфора травами увеличивало содержание легкодоступного и подвижного фосфора в контроле, вариантах N90 и N90P120K30 и создавало повышенную и высокую обеспеченность им растений. Наибольший ПО и наименьшая  $BC^P$  отмечены в вариантах N90 и N90P120K30, свидетельствуя о дальнейшем уменьшении закрепления фосфора почвой. В 20-летней залежи (2015 г.) содержание легкодоступного фосфора в почве всех вариантов опыта было высоким, а подвижного фосфора варьировало от среднего до высокого. Наибольший ПО и наименьшая  $BC^P$  отмечены в вариантах N90P120K30, P120 и P40 (табл. 2).

Исходное содержание обменного калия в чистом пару поля севооборота было повышенным (табл. 2). После 4-х ротаций севооборота только N90P120K30-удобрения компенсировали его вынос зерновыми культурами и поддерживали повышенное содержание в почве. В остальных вариантах оно уменьшалось до среднего. В 10-летней залежи, в условиях возврата элементов питания травами в почву происходило накопление обменного калия в слое 0–20 см и создавало повышенную обеспеченность им растений. Через 20 лет залужения пашни содержание обменного калия в вариантах опыта варьировало от среднего до высокого.

## ВЫВОДЫ

1. Наибольшая урожайность зерновых культур в пашне за 4 ротации севооборота получена в варианте P120 – 26.9 ц/га.

2. В пашне зернопарового севооборота усиливалась миграция водорастворимого натрия, солей и соды вниз по профилю почвы, уменьшая величину рН и увеличивая содержание суммы обменных оснований и кальция.

3. Минеральные удобрения во всех вариантах севооборота, кроме N90 и N90P120K30, поддерживали содержание гумуса в пахотном слое почвы; увеличивали содержание нитратного азота; поддерживали и повышали степень подвижности фосфора и фосфатную емкость почв, улучшая

фосфатный режим, повышая ПО и уменьшая  $BC^P$  почв; определяли высокую обеспеченность растений обменным калием.

4. Урожайность зеленой массы и сена естественных трав на залежи варьировала. Наибольшей она была в варианте N90.

5. В видовом составе трав залежи в вариантах контроль и P120 преобладали злаковые виды; в вариантах N30P40 и N90P120K30 доли злаковых и бобовых трав были равны. Азотные (N30 и N90), фосфорные (P40) и азотно-фосфорные удобрения (N90P120) способствовали появлению в составе трав разнотравья.

7. Вынос элементов питания травами залежи в вариантах опыта зависел от их урожайности и видового соотношения и уменьшался в ряду: калий – натрий – азот – магний – фосфор.

8. Залужение пашни зернопарового севооборота не приводило к накоплению солей и обменного натрия в почве. В составе солей отсутствовала сода, а величина рН соответствовала нейтральной и слабощелочной.

9. В 10-летней залежи происходило заметное накопление гумуса в слое 0–20 см в контроле и в вариантах P120; N30P40 и стабилизации его содержания в варианте N90P120. Через 20 лет залужения поля севооборота содержание гумуса в слое 0–20 см достигло исходного уровня (1981 г.) только в вариантах N90P120 и P120.

10. Содержание нитратного азота в слое 0–40 см 10-летней залежи варьировало от низкого в вариантах P40 и N90P120K30, до среднего в вариантах N90 и N90P120 и высокого – в остальных вариантах. Количество легкодоступного и подвижного фосфора увеличивалось в контроле и в вариантах N30, N90 и N90P120K30. Наибольший показатель окультуренности (ПО) и наименьшая буферность ( $BC^P$ ) почвы были отмечены в вариантах N90 и N90P120K30. В условиях возврата калия травами его содержание в слое почвы 0–20 см было повышенным.

11. В почве 20-летней залежи (2015 г.) содержание нитратного азота было низким, легкодоступного фосфора – высоким, содержание подвижного фосфора варьировало от среднего до высокого. Наибольший ПО и наименьшая  $BC^P$  почвы в вариантах N90P120K30, P120 и P40. Содержание обменного калия в вариантах опыта варьировало от среднего до высокого.

12. Залужь почв солонцового комплекса, использованная ранее в систематически удобряемой пашне зернопарового севооборота, обладает высоким эффективным и потенциальным плодородием и может быть вновь вовлечена в пашню.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семендяева Н.В., Галеева Л.П., Мармулев А.Н. Почвы Новосибирской области и их сельскохозяйственное использование: Учеб. пособ. // Новосибирск: НовосибирскГАУ, 2010. 179 с.
2. Семендяева Н.В., Южаков А.И., Аверкина С.С. Действие минеральных удобрений на гидроморфных солонцовых почвах Западной Сибири // Агрохимия. 1995. № 7. С. 65–70.
3. Семендяева Н.В., Галеева Л.П., Южаков А.И., Кожевников А.И. Нитратный режим луговых солонцов Барабы при внесении минеральных удобрений // Агрохимия. 1997. № 2. С. 51–53.
4. Семендяева Н.В., Елизаров Н.В., Галеева Л.П., Коробова Л.Н. Длительность действия химической мелиорации на свойства солонцов Барабинской равнины. Новосибирск: ИЦ “Золотой колос”, 2017. 190 с.
5. Галеева Л.П. Влияние удобрений на плодородие почв северной лесостепи Западной Сибири: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Тюмень, 2013. 32 с.
6. Пискунов А.С. Методы агрохимических исследований. М.: КолосС, 2004. 312 с.
7. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 487 с.
8. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. Новосибирск: ГУП РПО СО РАСХН, 2009. 222 с.
9. Шарков И.Н. Минерализация и баланс органического вещества в почвах агроценозов Западной Сибири: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук, Новосибирск, 1997. 37 с.
10. Шарков И.Н., Данилова А.А., Прозоров А.С., Самохвалова Л.М., Бушмелева Т.И., Шепелев А.Г. Воспроизводство гумуса как составная часть системы управления плодородием почвы: Метод. пособ. Новосибирск: РАСХН, СибНИИ земледелия и химизации сел. хоз-ва, 2010. 36 с.
11. Галеева Л.П. Гумусовое состояние и продуктивность почв солонцовых комплексов Барабы в фитоценозе пашня–залежь // Вестн. НГАУ. 2015. № 4. С. 74–81.
12. Гамзиков Г.П. Азот в земледелии Западной Сибири. М.: Наука, 1981. 268 с.
13. Гамзиков Г.П., Кострик Г.И., Емельянова В.Н. Баланс и превращение азота удобрений. Новосибирск: Наука, СО, 1985. 160 с.
14. Ермохин Ю.И. Почвенно-растительная оперативная диагностика “ПРОД-ОМСХИ” минерального питания, эффективности удобрений, величины и качества урожая сельскохозяйственных культур. Омск: ОмскГАУ, 1995. 208 с.
15. Кочергин А.Е., Руцкич Г.А., Волощук А.Т. Режим нитратного азота и обменного аммония в серых лесных почвах подтаежной зоны Омской области // Агрохимия. 1983. № 5. С. 3–9.
16. Крупкин П.И. Черноземы Красноярского края. Красноярск: КрасГУ, 2002. 232 с.
17. Мальцев В.Т. Азотные удобрения в Приангарье. Новосибирск, 2001. 272 с.
18. Назарюк В.М. Баланс и трансформация азота в агроэкосистемах. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. 257 с.
19. Храмов И.Ф., Безвиконный Е.В. Азотный режим чернозема выщелоченного при длительном применении удобрений // Агрохимия. 1997. № 9. С. 14–19.
20. Галеева Л.П. Изменение свойств почв солонцовых комплексов Барабы при переходе их из пашни в залежь // Тез. докл. VII съезда Общ-ва почвоведов им. В.В. Докучаева и Всерос. с зарубеж. участием научн. конф. “Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны”. Белгород, 2016. Ч. I. С. 60–61.
21. Антипина Л.П. Фосфор в почвах Сибири: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Омск, 1991. 32 с.
22. Гинзбург К.Е. Фосфор основных типов почв СССР. М., 1981. 242 с.
23. Гырбучев И. Регулирование фосфатного режима в основных почвах Болгарии. М.: Колос, 1981. 240 с.
24. Карпинский Н.П. Фосфатный уровень почвы // Почвоведение. 1958. № 11. С. 27.
25. Кочергин А.Е. Фосфатный фонд почв и его доступность растениям // Почвы Западной Сибири и повышение их плодородия. Омск: ОмскСХИ, 1984. С. 12–19.

## Properties of Soils of Solonetz Complexes Baraby in the Phytocenosis of Arable Land Fallow

L. P. Galeeva

*Novosibirsk State Agrarian University  
ul. Dobrolyubova 160, Novosibirsk 630039, Russia  
E-mail: liub.galeeva@yandex.ru*

In the arable crop rotation pairs-wheat-oats-oats as well as the adjoining natural deposits studied the effect and aftereffect of mineral fertilizers on cereal yields and natural herbs and the properties of soils of solonetz complex. The use of soil in arable land with the use of mineral fertilizers had a positive impact on its properties. The highest yield of grain crops was obtained in the P120 variant. The subsequent tinning of arable land for 20 years led to the appearance of a powerful layer of felt on the surface of the soil, which maintained high fertility rates. The highest yield of natural grasses was obtained in the N90 variant. Consequently, soil deposits can be re-involved in arable land.

*Key words:* properties, solonetz complexes, Baraba, arable land, fallow.