

УДК 631.445.53:631.821 (571.4)

## ИЗМЕНЕНИЕ ПИТАТЕЛЬНОГО РЕЖИМА И ПРОДУКТИВНОСТИ СОЛОНЦОВ БАРАБЫ ПРИ ОДНОРАЗОВОМ ВНЕСЕНИИ ГИПСА



**Л. П. Галеева,**  
д-р с.-х. наук

*Новосибирский государственный аграрный университет*

**Ключевые слова:** питательный режим, корковый многонатриевый солонец, Бараба, гипс, севооборот, фосфорные удобрения, нитратный азот, легкодоступный и подвижный фосфор, обменный калий, урожайность, зерновые культуры, донник.

*В длительных микроделяночных опытах установлено, что одноразовое внесение гипса в корковый многонатриевый солонец 29 лет тому назад на фоне применения фосфорных удобрений в севообороте пар-озимая рожь-пшеница-овёс-овёс приводит к резкому дефициту азота при глубоком залегании грунтовых вод и увеличивает его содержание при близком стоянии их к поверхности..*

*При этом обеспеченность растений азотом очень низкая, что требует обязательного внесения азотных удобрений. Наилучшие условия азотного питания растений складываются при внесении гипса в дозе 45 т/га. Содержание легкодоступного и подвижного фосфора при гипсовании уменьшается. Оптимальное фосфатное состояние в почве складывается также при внесении гипса в дозе 45 т/га, при которой сохраняются более благоприятные условия для питания сельскохозяйственных культур фосфором. Внесение возрастающих доз гипса увеличивает содержание обменного калия по всему профилю многонатриевого солонца. Дальнейшее нахождение гипсованных солонцов в залежи под донником способствует накоплению обменного калия как в слое 0–20 см, так в профиле почвы. Наибольшая эффективность одноразового внесения гипса на корковых многонатриевых солонцах проявлялась как в пашне, так и длительное время сохранялась в последующей залежи. С увеличением продолжительности использования почвы в пашне урожайность последующих культур севооборота (овса) в контроле возрастала в 2,5–5 раз. Наибольшая и достоверная прибавка урожайности культур севооборота и впоследствии донника получена при внесении гипса в дозах 56 и 45 т/га – 49–118% и в среднем 141 и 180%.*

## THE CHANGING NUTRIENT REGIME AND PRODUCTIVITY OF SOLONETZES OF THE BARABA TIME MAKING GYPSUM

**L. P. Galeeva**

*Novosibirsk state agrarian University*

**Key words:** nutrient status, mnogonatsional cortical solonetz, Appleton, gypsum, crop rotation, phosphate fertilizer, nitrate nitrogen, readily available and mobile phosphorus, exchange potassium, yield, cereals, clover.

*Mikrowellentechnik in long-term experiments established that the one-time application of gypsum in solonetz cortical mnogonatsional 29 years ago on the use of phosphate fertilizers in crop rotation steam-winter rye-wheat-oats-oats leads to a dramatic deficiency of nitrogen in deep groundwater and increasing it when standing close to the surface. The supply of plants with nitrogen is very low, which requires mandatory application of nitrogen fertilizers. The best conditions of nitrogen nutrition of plants are formed by introducing gypsum in a dose of 45 t/ha. The Content easily accessible and mobile phosphorus in the casting decreases. Optimal phosphate status in the soil consists also in introducing gypsum in a dose of 45 t/ha, which remain more favorable conditions for food crops phosphorus. The introduction of increasing doses of gypsum increases the content of exchange potassium in the profile of solonetz mnogonatsional. Further finding giavanni solonetzes in deposits under the clover contributes to the accumulation of exchange potassium in the 0–20 cm layer in the soil profile. The highest efficiency one-time Deposit of gypsum in cortical mnogodetnaya saline was manifested in the land, and so long continued in subsequent deposits. With increasing duration of use of the soil in the arable land, the yield of the subsequent crop rotation (oats) in the control group increased 2.5–5*

*times. The highest and significant increase of productivity of crop rotation and in consequence of clover are obtained when adding gypsum in doses of 56 and 45 t/ha 49–118 % and an average of 141 and 180 %.*

Солонцы и их комплексы на территории Западной Сибири занимают 40,3% всех солонцовых почв России. Наиболее распространены они в Омской, Новосибирской области и Алтайском крае. По данным Запсибгипрозем, в Новосибирской области на солонцы и их комплексы с другими почвами приходится 3686,2 тыс. га (21,7% от общей площади). В отдельных районах Барабинской низменности и в Северной Кулунде ими занято 50 и даже 80% от площади сельскохозяйственных угодий. Солонцы, как правило, не образуют сплошных массивов, а залегают пятнами среди зональных почв (чернозёмов, лугово-чернозёмных и чернозёмно-луговых). Отрицательные физические, физико-химические и химические свойства этих почв снижают продуктивность всего массива из-за несвоевременного проведения на них полевых работ. Как показали исследования, одноразовое внесение гипса в солонцы продолжает действовать в течение длительного времени. При этом снижается щёлочность почвы, улучшаются её физико-химические свойства. В почвенном поглощающем комплексе солонцов уменьшается количество поглощённого натрия и возрастает содержание ионов кальция. В ряде работ отмечено, что продолжительность положительного влияния гипса на свойства солонцов и их продуктивность зависит от подтипа, степени, типа засоления и дозы гипса и в различных почвенно-климатических зонах может достигать 8–11, 10–18 и даже 28–50 лет [1–5].

По запасам питательных веществ солонцы Западной Сибири – потенциально плодородные почвы. Однако гипсование, улучшая их физико-химические свойства, часто ухудшает питательный режим, особенно фосфатный [6]. Дефицит подвижного фосфора в почве, в свою очередь, приводит к ухудшению азотного питания растений [7].

Работы по химической мелиорации солонцов в Западной Сибири прекращены с 1995 г., но проблема улучшения их эффективного плодородия и рационального сельскохозяйственного использования до сих пор остаётся актуальной.

Цель данных исследований – определить действие одноразового внесения гипса на питательный режим и продуктивность корковых мелиорированных солонцов Барабы.

Исследования проведены в микроделяночном опыте на солонцах чернозёмно-луговых корковых многонатриевых сульфатно-содовых слабо- и средnezасолённых глубококарбонатных в АОЗТ «Кабинетное» Чулымского района Новосибирской области (северная лесостепь Барабинской низменности). Почвы в слое 0–20 см имеют следующие показатели: содержание гумуса составляет 7,9%, pH 7,2, с глубиной возрастает до 8,2, ёмкость катионного обмена – 35,4 мг-экв/100 г почвы, 48% из них приходится на натрий, количество общего натрия варьировало в пределах 11–26 мг-экв/100 г; нитратного азота 0,5 мг/кг, легкодоступного (I) и подвижного фосфора (Q) 2,3 и 16 мг/кг соответственно.

Опыт заложен в 1986 г. Дозы гипса рассчитаны по методу К.К. Гедройца с учётом содержания обменного натрия в среднем образце почвы с интервалом 0,25 нормы по натрию – от 0 до 1,25 нормы. Варианты опыта: 1 – контроль (без внесения гипса), 2 – гипс (11 т/га), 3 – гипс (23), 4 – гипс (36), 5 – гипс (45), 6 – гипс (56 т/га), повторность в опыте 4-кратная. Чтобы избежать поверхностного и бокового стока, делянки по периметру были обтянуты полиэтиленовой плёнкой на глубину 30–40 см с небольшим верхним напуском.

С 1986 по 1995 гг. почвы использовали в севообороте: пар–озимая рожь–пшеница–овёс–овёс. В 1986 г в дозах 90 кг д.в/га и в 1990 г. – 40 кг д.в/га во всех вариантах опыта был внесён двойной суперфосфат (42%  $P_2O_5$ ). С 1996 г. и по настоящее время на опытном участке произрастает донник.

Наблюдения, проводимые нами ранее (1986–1995 гг.) и в 2013, 2015 гг., позволили выявить динамику и степень изменения содержания подвижных элементов питания в солонцах корковых под действием различных доз гипса при одноразовом его внесении.

Отбор почвенных образцов проводили с двух несмежных повторностей по слоям с интервалом 20 см до глубины 100, а в отдельные годы до 160 см ежегодно, весной – до посева сельскохозяйственных культур и осенью – перед уборкой. В образцах определяли нитратный азот по Грандваль-Ляжу [8], легкодоступный фосфор (степень подвижности I) – по Карпинскому, Замятиной (1958); обменный калий и подвижный фосфор (фосфатная ёмкость Q) – по Мачигину (ГОСТ 26206–91). Учёт урожая зерновых культур и донника выполнен поделочно. Статистическая обработка урожайных данных проведена дисперсионным методом анализа пакета программ «Снедекор» [9].

Растворимость мелиоранта и его эффективное влияние на свойства солонцов зависят от погодных условий территории и, в первую очередь, от количества выпавших осадков.

Анализ метеоусловий на территории хозяйства за 29 лет исследований показал, что температура воздуха за вегетационный период (май-сентябрь) за 93% лет была на уровне среднемноголетней или превышала её, и только за 7% лет была ниже среднемноголетней. Сумма осадков за 31% лет исследований была близкой к среднемноголетней или достигала её, за 35% лет превышала среднемноголетнюю и за 34% лет – ниже неё. Следовательно, погода на территории хозяйства за период май-сентябрь в течение 29 лет исследований за 86% лет была жаркой и тёплой, а количество осадков распределялось так: за 51% лет наблюдался их дефицит, за 49% лет было на уровне нормы и больше неё. Это определённым образом повлияло на растворимость внесённого гипса, его влияние на свойства почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур.

Ранее нами установлено, что химическая мелиорация солонцов, улучшая их физические и физико-химические свойства, не всегда положительно сказывается на пищевом режиме почв [10]. Поэтому гипсование корковых солонцов целесообразно проводить с одновременным внесением азотных и фосфорных удобрений, которые создают фонд доступных элементов питания для растений.

По мнению Н.В. Орловского [11], «солонцовость почвы при высокой гумусности может до известного предела улучшать условия азотного питания растений, так как повышенная щёлочность почвенного раствора или наличие структурности почвы содействуют жизнедеятельности бактерий, мобилизующих почвенный азот».

Содержание нитратного азота в слое 0–20 см коркового многонатриевого солонца перед закладкой опыта (1986 г.) было очень низким – 0,5 мг/кг, а обеспеченность им растений в слое 0–40 см – также очень низкой. Внесение двойного суперфосфата в дозах 90 кг д.в./га в 1986 г. и 40 кг д.в./га в 1990 г. в качестве фона во всех вариантах опыта повышало содержание азота в контроле (без гипса) в 3–5 раз. Это обусловлено невысоким выносом азота небольшими урожаями сельскохозяйственных культур в этом варианте, с одной стороны, и усилением минерализации почвенного азота под действием механической обработки почвы и внесения суперфосфата – с другой. Летом 2013 г. содержание нитратного азота в слое 0–20 см контрольного варианта в 2,4 раза превышало его исходный уровень (1986 г.). Внесение фосфорных удобрений на фоне химической мелиорации коркового многонатриевого солонца возрастающими дозами гипса резко уменьшало содержание нитратного азота в пахотном слое во все годы исследований за счёт выноса азота большей урожайностью. Причём

Таблица 1  
Динамика нитратного азота в слое 0–20 см коркового многонатриевого солонца при гипсовании и внесении двойного суперфосфата, N-NO<sub>3</sub>, мг/кг почвы

| Год           |            | Вариант                 |            |     |     |
|---------------|------------|-------------------------|------------|-----|-----|
|               |            | контроль<br>(без гипса) | гипс, т/га |     |     |
|               |            |                         | 11         | 45  | 56  |
| 1986 исходное |            | 0,5                     | 0,5        | 0,5 | 0,5 |
| 1987, осень   |            | 2,2                     | 0,8        | 0,3 | 0,2 |
| 1988          | весна      | 1,6                     | 1,4        | 0,6 | 0,9 |
|               | осень      | 1,9                     | 0,7        | 0,3 | 0,2 |
| 1989          | весна      | 2,3                     | 1,4        | 0,8 | 0,6 |
|               | осень      | 2,6                     | 2,4        | 0,2 | 0,2 |
| 1990          | весна      | 1,4                     | 1,1        | 0,7 | 0,7 |
|               | осень      | 2,6                     | 1,6        | 0,1 | 0,1 |
| 2013          | весна-лето | 1,2                     | 0,4        | 1,2 | 0,9 |
|               | целина     | 0,6                     |            |     |     |
| 2015          | весна      | 1,0                     | 0,9        | 1,0 | 0,8 |
|               | осень      | 1,6                     | 3,7        | -   | 3,4 |
|               | целина     | 2,0                     |            |     |     |

количество азота в почве уменьшалось с ростом дозы гипса. Через 29 лет после разового внесения мелиоранта в почву наибольшее и примерно одинаковое количество нитратного азота было отмечено в контроле (без гипса) и в варианте гипс 45 т/га (табл. 1).

Распределение нитратного азота в профиле многонариевого солонца при его гипсовании представлено в табл. 2. Уменьшение нитратного азота вниз по профилю может быть обусловлено снижением гумуса и биологической активности почвы. Однако близкое залегание грунтовых вод в почве в 2013 г. способствовало миграции нитратного азота по профилю и большому накоплению его в метровой толще. При этом запасы азота в вариантах со всеми дозами гипса незначительно превышали исходные (1986 г.) и в целине в 2013 г. и были в 1,7–1,9 раза меньше, чем в контроле (без гипса).

Таблица 2

**Распределение содержания и запасов нитратного азота в профиле многонариевого солонца при однократном внесении гипса**

| Слой,<br>см     | Исходное<br>содержание,<br>1986 г. | Вариант опыта           |                |                 |                 | Целина,<br>2013 г. |
|-----------------|------------------------------------|-------------------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------------|
|                 |                                    | контроль<br>(без гипса) | гипс<br>1 т/га | гипс<br>45 т/га | гипс<br>56 т/га |                    |
| 2013 г.         |                                    |                         |                |                 |                 |                    |
| 0–20            | 0,5* / 13,0**                      | 1,2 / 31,2              | 0,4 / 9,8      | 1,2 / 24,2      | 0,9 / 18,2      | 0,6/ 15,6          |
| 20–40           | 0,4 / 10,9                         | 1,3 / 35,4              | 0,5 / 13,4     | 0,4 / 9,4       | 0,7 / 16,1      | 0,4 / 10,9         |
| 40–60           | 0,4 / 11,5                         | 0,7 / 20,2              | 0,6 / 16,3     | 0,4 / 9,6       | 0,3 / 7,0       | 0,4 / 11,5         |
| 60–80           | 0,3 / 8,8                          | 0,6 / 17,5              | 0,5 / 14,4     | 0,4 / 9,8       | 0,3 / 7,2       | 0,4 / 11,7         |
| 80–100          | 0,3 / 9,8                          | 0,4 / 13,0              | 0,5 / 14,8     | 0,6 / 15,6      | 0,5 / 12,2      | 0,3 / 9,8          |
| 0–100           | 54,0**                             | 117,3                   | 68,7           | 68,6            | 60,7            | 59,5               |
| 2015 г., июнь   |                                    |                         |                |                 |                 |                    |
| 0–20            |                                    | 1,0/26,0                | 0,9/22,0       | 1,0/20,2        | 0,8/16,2        | 2,0/52,0           |
| 20–40           |                                    | 0,6/16,3                | 0,7/18,8       | 0,8/18,9        | 0,8/18,4        | 1,4/38,0           |
| 40–60           |                                    | 0,7/20,1                | 0,7/19,0       | 0,6/14,4        | 0,6/14,2        | 1,3/37,4           |
| 60–80           |                                    | 0,4/11,7                | 0,6/17,3       | 0,9/22,0        | 0,7/16,8        | 1,0/29,2           |
| 80–100          |                                    | 0,6/19,4                | 0,6/17,8       | 0,6/15,6        | 0,7/17,0        | 0,6/19,4           |
| 0–100           |                                    | 93,5                    | 94,9           | 91,1            | 82,6            | 176,0              |
| 2015 г., август |                                    |                         |                |                 |                 |                    |
| 0–20            |                                    | 1,6/41,6                |                | 3,7/74,7        | 3,4/68,7        | 2,0/52,0           |
| 20–40           |                                    | 1,4/38,0                |                | 3,0/70,8        | 3,0/69,0        | 1,4/38,0           |
| 40–60           |                                    | 1,3/37,4                |                | 2,8/67,2        | 3,1//73,2       | 1,3/37,4           |
| 60–80           |                                    | 0,0/0,0                 |                | 0,0/0,0         | 0,0/0,0         | 1,0/29,2           |
| 80–100          |                                    | 0,0/0,0,0               |                | 0,00,0          | 0,0/0,0         | 0,6/19,4           |
| 0–100           |                                    | 117,0                   |                | 212,7           | 210,9           | 176,0              |

\* Содержание нитратного азота, мг/кг. \*\* Запасы нитратного азота, кг/га.

В июне 2015 г. содержание нитратного азота в слое 0–20 см всех вариантов опыта было примерно одинаковым, а обеспеченность им слоя 0–40 см – очень низкая. Наименьшие запасы нитратного азота в метровой толще отмечены в варианте гипс 56 т/га, которые более чем в 2 раза меньше таковых в целине. В августе, в связи с опусканием грунтовых вод с глубины 100 до 170 см, содержание нитратного азота и его запасы возрастали более чем в 2 раза в вариантах с гипсом независимо от его дозы, однако обеспеченность растений азотом оставалась низкой.

Следовательно, растения на гипсованных солонцах нуждаются в ежегодном внесении азотных удобрений. Подобные результаты получены на гипсованных луговых и лугово-степных корковых солонцах смешанного типа засоления Омской области, которые свидетельствуют о необходимости дополнительного внесения азота и фосфора в разных соотношениях [12].

Некоторые исследователи [13] указывает на ухудшение фосфатного режима солонцов при гипсовании, что сказывается на снижении легкодоступного фосфора (I), особенно необходимого растениям в начальный период их роста и развития.

Ранее в лабораторных и полевых опытах нами установлена такая же закономерность [14]. С увеличением дозы гипса содержание легкодоступного фосфора уменьшалось во все годы исследований в 1,1–2,6 раза за счёт связывания фосфат-иона катионом кальция гипса в менее доступные формы и выноса фосфора растениями (табл. 3). Низкое содержание подвижного фосфора при закладке опыта побудило нас внести фосфорные удобрения. Поэтому обеспеченность растений этой формой фосфора существенно превышала оптимальную. Позже, в условиях длительного отсутствия применения фосфорных удобрений (1996–2015 гг.), содержание легкодоступного фосфора в слое 0–20 см коркового многонатриевого солонца под донником было низким в контроле и вариантах со всеми дозами гипса, кроме 45 т/га, где оно среднее. Обеспеченность растений этой формой фосфора в 2013 г. была значительно меньше оптимальной. В целине содержание его очень высокое.

В июне 2015 г. содержание этой формы фосфора с увеличением дозы гипса с 11 до 45 т/га возрастало, превышая в 3–6 раз таковое в контроле, обеспеченность им изменялась от средней до повышенной, а в контроле низкая. В варианте гипс 56 т/га фосфора не было обнаружено совсем, в то время как в целине его содержание среднее. Ближе к осени легкодоступный фосфор присутствовал только в варианте гипс 45 т/га, обеспеченность им по-прежнему оставалась средней.

Разовое внесение возрастающих доз гипса в корковый многонатриевый солонец на фоне фосфорных удобрений увеличивало в 1,1–2,5 раза количество подвижного фосфора в слое 0–20 см (табл. 4). При этом за период 1986–1989 гг. за счёт выноса урожаем оно было ниже оптимального значения, а на 4–5-й год внесения мелиоранта и фосфорных удобрений ( $P_{40}$ ) достигало и превышало его.

Отсутствие длительного применения удобрений (1996–2015 гг.) на фоне однократного внесения гипса 29 лет тому назад резко снижало содержание подвижного фосфора в 2013 г. за счёт его выноса травами. Обеспеченность им была очень низкой и низкой, в то время как в целине – средней. В июне 2015 г. при высоком стоянии грунтовых вод содержание подвижного фосфора существенно возрастало во всём профиле почвы, но при этом оценивалось как низкое в контроле и дозе гипса 11 т/га, среднее – при 56 т/га и повышенное при

Таблица 3

**Влияние однократного внесения гипса и фосфорных удобрений на динамику легкодоступного фосфора в корковом многонатриевом солонце, слой 0–20 см, мг  $P_2O_5$ /кг почвы**

| Год            |            | Вариант                 |            |     |     |
|----------------|------------|-------------------------|------------|-----|-----|
|                |            | контроль<br>(без гипса) | гипс, т/га |     |     |
|                |            |                         | 11         | 45  | 56  |
| 1986, исходное |            | 2,3                     | 1,6        | 1,1 | 1,7 |
| 1987, осень    |            | 3,7                     | 2,8        | 1,6 | 1,2 |
| 1988           | весна      | 2,7                     | 2,8        | 2,8 | 1,0 |
|                | осень      | 3,1                     | 1,9        | 0,9 | 0,9 |
| 1989           | весна      | 2,2                     | 2,0        | 1,6 | 1,6 |
|                | осень      | 2,8                     | 1,8        | 1,3 | 1,2 |
| 1990           | весна      | 2,8                     | 3,0        | 1,3 | 1,4 |
|                | осень      | 2,5                     | 1,8        | 1,1 | 1,3 |
| 2013           | весна-лето | 0,2                     | 0,2        | 0,9 | 0,2 |
|                | целина     | 1,8                     |            |     |     |
| 2015           | весна      | 0,2                     | 0,5        | 0,9 | 0,0 |
|                | осень      | 0,0                     | -          | 0,6 | 0,0 |
|                | целина     | 0,5                     |            |     |     |

Таблица 4

**Влияние однократного внесения гипса и фосфорных удобрений на динамику подвижного фосфора в корковом многонатриевом солонце, слой 0–20 см, мг  $P_2O_5$ /кг почвы**

| Год            |            | Вариант                 |            |      |      |
|----------------|------------|-------------------------|------------|------|------|
|                |            | контроль<br>(без гипса) | гипс, т/га |      |      |
|                |            |                         | 11         | 45   | 56   |
| 1986, исходное |            | 16,0                    | 11,9       | 14,4 | 14,7 |
| 1987, осень    |            | 35,2                    | 34,9       | 25,7 | 31,7 |
| 1988           | весна      | 24,8                    | 21,9       | 22,0 | 24,0 |
|                | осень      | 22,9                    | 19,4       | 17,3 | 21,1 |
| 1989           | весна      | 36,7                    | 37,4       | 49,2 | 50,5 |
|                | осень      | 39,6                    | 41,8       | 41,2 | 45,0 |
| 1990           | весна      | 41,9                    | 47,6       | 45,0 | 48,4 |
|                | осень      | 38,5                    | 34,3       | 38,4 | 39,6 |
| 2013           | весна-лето | 1,5                     | 2,4        | 12,4 | 3,2  |
|                | целина     | 20,6                    |            |      |      |
| 2015           | весна      | 3,4                     | 7,6        | 45,2 | 26,6 |
|                | осень      | 2,6                     | -          | 7,8  | 17,2 |
|                | целина     | 34,0                    |            |      |      |

**Изменение фосфатного состояния (Q: I) корковых  
многонатриевых солонцов при гипсовании  
и внесении фосфорных удобрений, слой 0–20 см**

| Год           |            | Вариант                 |            |    |    |
|---------------|------------|-------------------------|------------|----|----|
|               |            | контроль<br>(без гипса) | гипс, т/га |    |    |
|               |            |                         | 11         | 45 | 56 |
| 1986 исходное |            | 5                       | 4          | 6  | 4  |
| 1987, осень   |            | 5                       | 8          | 8  | 15 |
| 1988          | весна      | 5                       | 6          | 14 | 9  |
|               | осень      | 4                       | 6          | 10 | 13 |
| 1989          | весна      | 8                       | 10         | 16 | 14 |
|               | осень      | 7                       | 8          | 16 | 18 |
| 1990          | весна      | 7                       | 9          | 19 | 20 |
|               | осень      | 9                       | 11         | 20 | 17 |
| 2013          | весна-лето | 15                      | 5          | 3  | 9  |
|               | целина     | 6                       |            |    |    |
| 2015          | весна      | 11                      | 8          | 25 | -  |
|               | осень      | -                       | -          | 7  | -  |
|               | целина     | 31                      |            |    |    |

Таблица 5 45 т/га и в целине. Ближе к осени, в связи с выносом фосфора травами, содержание подвижного фосфора было низким в контроле и варианте гипс 45 т/га и средним – гипс 56 т/га.

С.М. Драчёвым [15], Ю.А. Кудеяровой и Г.В. Поляковой [16] дано понятие буферности почв по отношению к фосфору. Она характеризует способность системы противостоять изменениям под влиянием внешних факторов и определяется отношением доступных запасов фосфора (Q, мг/100 г почвы) к равновесной концентрации фосфора в почвенном растворе или интенсивности (I, мг  $P_2O_5$ /л). При широком отношении этих показателей система «работает на себя», т.е. происходит значительное поглощение фосфора почвой, которая выступает как конкурент растению. Поэтому коэффициенты использования  $P_2O_5$  растениями из удобрений

очень низкие Узкое отношение Q: I в почве создаёт благоприятные условия для питания сельскохозяйственных культур фосфором.

По данным многолетних исследований Л.П. Антипиной [17], «Барабинская низменность, по сравнению с другими провинциями, в почвенном покрове имеет преимущественно гидроморфные и засоленные почвы, фосфатное состояние которых в большей степени определяется их типовыми особенностями. Наличие солей натрия и магния даёт повышенную интенсивность запасов фосфора – 0,2 мг/л и благоприятный качественный состав его минерального фонда (Q : I = 92)».

Внесение возрастающих доз гипса и на их фоне фосфорных удобрений (90 и 40 кг д.в/га) приводило к поглощению фосфора почвой в 1-й год, особенно при дозе гипса 56 т/га (табл. 5). Впоследствии наибольшее поглощение фосфора почвой происходило в вариантах с большими дозами гипса – 45 и 56 т/га.

При длительном отсутствии применения фосфорных удобрений (1996–2015 гг.) на корковых многонатриевых солонцах, прогипсованных 29 лет тому назад, и последующем переходе их из пашни в залежь лучшее фосфатное состояние почв создавалось в варианте с гипсом в дозе 45 т/га. Здесь условия для питания растений фосфором в несколько раз были лучше, чем в контроле и целине (табл. 6).

В 2015 г. при близком стоянии к поверхности грунтовых вод наилучшие условия питания растений фосфором складывались в варианте гипс 11т/га, а плохими они были в целине, гипс 45 т/га и в контроле. К осени, по мере опускания грунтовых вод и увеличения выноса фосфора травами, наилучшие условия питания им складывались в варианте гипс 45 т/га.

Длительное отсутствие применения фосфорных удобрений (1996–2015 гг.), однократное внесение гипса 29 лет тому назад и последующий переход пашни в залежь обеспечивали лучшее фосфатное состояние корковых многонатриевых солонцов по сравнению с контролем. В почве с гипсом поддерживались более благоприятные условия для питания сельскохозяйственных культур фосфором по сравнению с контролем (залежь) и целиной.

Однократное внесение возрастающих доз гипса увеличивало содержание обменного калия по всему профилю многонатриевого солонца (табл. 6). В слое 0–20 см 18-летней залежи (1996–2015 гг.) наибольшим оно было в варианте с внесением гипса в дозе 11 и 56 т/га и во

всех вариантах соответствовало средней обеспеченности калием. В целине содержание обменного калия наибольшее и соответствовало высокой обеспеченности.

Таблица 6

Распределение содержания обменного калия в профиле многонариевого солонца при однократном внесении гипса, К<sub>2</sub>О, мг/кг

| Слой, см           | Исходное содержание, 1986 г. | Контроль (без гипса) | Гипс, т/га |       |       | Целина    |
|--------------------|------------------------------|----------------------|------------|-------|-------|-----------|
|                    |                              |                      | 11         | 45    | 56    |           |
| 25 июня 2013 г.    |                              |                      |            |       |       |           |
| 0–20               | 170,0                        | 232,0                | 280,0      | 238,0 | 266,0 | 428,0     |
| 20–40              | 224,0                        | 204,0                | 244,0      | 256,0 | 254,0 | 214,0     |
| 40–60              | Не опред.                    | 178,0                | 192,0      | 214,0 | 212,0 | 176,0     |
| 60–80              | Не опред.                    | 172,0                | 184,0      | 180,0 | 178,0 | Не опред. |
| 80–100             | Не опред.                    | 164,0                | 190,0      | 168,0 | 200,0 | Не опред. |
| 4 июня 2015 г.     |                              |                      |            |       |       |           |
| 0–20               | -                            | 332,0                | 272,0      | 407,0 | 364,0 | 393,0     |
| 20–40              | -                            | 287,0                | 209,0      | 347,0 | 265,0 | 340,0     |
| 40–60              | -                            | 310,0                | 294,0      | 347,0 | 272,0 | 364,0     |
| 60–80              | -                            | 272,0                | 287,0      | 304,0 | 250,0 | 272,0     |
| 80–100             | -                            | 258,0                | 287,0      | 287,0 | 287,0 | 279,0     |
| 100–120            | -                            |                      |            | 287,0 | 287,0 |           |
| 24 августа 2015 г. |                              |                      |            |       |       |           |
| 0–20               | -                            | 364,0                | -          | 333,0 | 310,0 | -         |
| 20–40              | -                            | 294,0                | -          | 279,0 | 304,0 | -         |
| 40–60              | -                            | 304,0                | -          | 333,0 | 265,0 | -         |
| 60–80              | -                            | 279,0                | -          | 250,0 | 272,0 | -         |
| 80–100             | -                            | 272,0                | -          | 258,0 | 250,0 | -         |
| 100–120            | -                            | 241,0                | -          | 241,0 | 241,0 | -         |
| 120–140            | -                            | 258,0                | -          | 202,0 | 258,0 | -         |
| 140–160            | -                            | 265,0                | -          | 210,0 | 234,0 | -         |

Дальнейшее нахождение гипсованных солонцов под донником способствовало накоплению обменного калия как в слое 0–20 см, так в профиле почвы. В июне 2015 г. содержание калия в слое 0–20 см изменялось в пределах среднее–высокое. Наибольшим оно было в варианте гипс 45 т/га и близко к таковому в целине. К уборке донника количество обменного калия больше всего уменьшалось в варианте гипс 45 т/га, что связано с его выносом наибольшей урожайностью зелёной массы. В контроле, в связи с меньшим выносом калия донником, содержание его возрастало.

Урожайность озимой ржи и пшеницы в контроле за счёт большего содержания обменного натрия была низкой (табл. 7). С увеличением продолжительности использования почвы в пашне урожайность последующих культур севооборота (овса) в контроле возрастала в 2,5–50 раз. Это обусловлено не только улучшением агрономических свойств солонца в процессе использования в пашне, но и биологией овса, обладающего повышенной солонце- и солеустойчивостью. Внесение возрастающих доз гипса в многонариевый корковый солонец на порядок и более повышало урожайность культур севооборота во все годы исследований. Наибольшая и достоверная прибавка урожайности культур севооборота получена при внесении гипса в дозах 56 и 45 т/га.

Урожайность донника при всех дозах однократного внесения гипса зависела от тепло- и влагообеспеченности вегетационного периода. Вегетационный период 2013 г. был тёплым и избыточно увлажнённым, наибольшая прибавка донника получена в вариантах с внесением

гипса в дозе 45 и 56 т/га. В 2015 г. гипс продолжал оказывать положительное влияние на урожайность донника, которая возрастала с увеличением дозы мелиоранта и особенно существенно в вариантах 45 и 56 т/га, прибавка к контролю составила 127 и 144 % соответственно

Таблица 7

**Влияние одnorазового внесения гипса в корковый многонатриевый солонец на урожайность сельскохозяйственных культур, г/м<sup>2</sup>**

| Год  | Сельскохозяйственная культура |        | Контроль (без гипса) | Доза гипса, т/га |              |              | НСР <sub>05</sub> |
|------|-------------------------------|--------|----------------------|------------------|--------------|--------------|-------------------|
|      |                               |        |                      | 11               | 45           | 56           |                   |
| 1987 | Озимая рожь                   | пашня  | 3,4                  | 34,9/+31,5*      | 77,6/+74,2   | 94,7/+91,3   | 36,7              |
| 1988 | Пшеница                       |        | 6,7                  | 34,9/+28,2       | 106,2/+99,5  | 122,2/+115,5 | 23,1              |
| 1989 | Овёс                          |        | 17,4                 | 36,2/+18,8       | 66,1/+48,7   | 94,9/+77,5   | 19,7              |
| 1990 | Овёс                          |        | 16,1                 | 39,8/+23,7       | 134,4/+118,3 | 131,9/+115,8 | 33,6              |
| 2013 | Донник                        | залежь | 198,3                | 217,9/+19,6      | 330,5/+132,2 | 413,1/+214,8 |                   |
| 2015 | 20 лет (сено)                 |        | 36,7                 | 42,2/+5,5        | 83,5/+46,8   | 89,7/+53,0   |                   |

\* Прибавка урожайности к контролю, г/м<sup>2</sup>.

Следовательно, эффективность одnorазового внесения гипса на корковых многонатриевых солонцах проявлялась как в пашне, так и длительное время сохранялась в последующей залежи, повышая урожайность донника.

Таким образом, одnorазовое внесение гипса в корковый многонатриевый солонец 29 лет тому назад на фоне применения фосфорных удобрений приводило к резкому дефициту азота при глубоком залегании грунтовых вод и увеличивало его содержание при близком стоянии их к поверхности. При этом обеспеченность растений азотом очень низкая, что требует обязательного внесения азотных удобрений. Наилучшие условия азотного питания растений складываются при внесении гипса в дозе 45 т/га.

Содержание легкодоступного и подвижного фосфора при гипсовании уменьшается. Оптимальное фосфатное состояние в почве складывается также при внесении гипса в дозе 45 т/га, при которой сохраняются более благоприятные условия для питания сельскохозяйственных культур фосфором.

Одnorазовое внесение возрастающих доз гипса увеличивало содержание обменного калия по всему профилю многонатриевого солонца. Дальнейшее нахождение гипсованных солонцов под донником способствовало накоплению обменного калия как в слое 0–20 см, так в профиле почвы.

Наибольшая эффективность одnorазового внесения гипса на корковых многонатриевых солонцах проявлялась как в пашне, так и длительное время сохранялась в последующей залежи. С увеличением продолжительности использования почвы в пашне урожайность последующих культур севооборота (овса) в контроле возрастала в 2,5–50 раз. Наибольшая и достоверная прибавка урожайности культур севооборота получена при внесении гипса в дозах 56 и 45 т/га – 49–118%.

Урожайность донника с увеличением дозы гипса возрастала, прибавка к контролю по годам составила 9–215%, наибольшей она была в вариантах с дозами гипса 45 и 56 т/га – в среднем 141 и 180%.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ерёмченко О. З. Природно-антропогенные изменения солонцовых почв в Южном Зауралье. – Пермь, 1997. – 317 с.
2. Березин Л. В. Мелиорация и использование солонцов Сибири / Л. В. Березин. – Омск, 2005. – 206 с.
3. Семендяева Н. В., Добротворская Н. И. Теоретические и практические аспекты химической мелиорации солонцов Западной Сибири / Н. В. Семендяева. – Новосибирск, 2005. – 156 с.

4. Семендяева Н. В. Длительность действия одноразового внесения гипса на свойства и плодородие солонцов Барабинской низменности // Аграрная наука – сельскому хозяйству: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. – Барнаул, 2009. – С. 439–441.
5. Семендяева Н. В., Елизаров Н. В. Изменение физических свойств солонцов Барабинской низменности при длительном действии гипса // Вестн. НГАУ. – 2012. – № 1 (22). – С. 38–41.
6. Галеева Л. П. Фосфатный режим солонцов лесостепной зоны Барабинской низменности при гипсовании и внесении минеральных удобрений: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Новосибирск, 1991. – 18 с.
7. Галеева Л. П., Галеев Р. Ф. Влияние возрастающих доз гипса на свойства и продуктивность мгнонатриевых солонцов Барабы // Материалы научных чтений, посвященных 100-летию закладки первых полевых опытов И. И. Жилинским. – Новосибирск, 1997. – С. 40–42.
8. Агрохимические методы исследования почв / отв. ред. А. В. Соколов. – М.: Наука, 1975. – 656 с.
9. Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере / СО РАСХН. – 2-е изд. – Новосибирск, 2009. – 222 с.
10. Семендяева Н. В., Галеева Л. П., Галеев Р. Ф. Влияние возрастающих доз мелиорантов и удобрений на плодородие солонцов // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 1993. – № 2. – С. 74–80.
11. Орловский Н. В. Минеральные удобрения // Засолённые почвы Западной Сибири. – Новосибирск, 1941. – С. 47–54.
12. Пономарёва Н. С., Конторина В. Д. Влияние гипса на нитратный режим хлоридно-сульфатных солонцов центральной лесостепи Омской области // Генезис солонцов и влияние удобрений на величину и качество урожая. – Омск: ОмСХИ, 1974. – С. 33–42.
13. Аникст Д. М. Подвижность фосфора в солонцовых почвах Заволжья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – М., 1963. – 18 с.
14. Семендяева Н. В., Галеева Л. П., Аверкина С. С. Фосфатный режим луговых солонцов Барабы при гипсовании и внесении минеральных удобрений // Агрохимия. – 1992. – № 8. – С. 34–43.
15. Драчёв С. М. К изучению мобильности фосфатов // Науч. агр. журн. – 1928. – № 9. – С. 21–26.
16. Кудеярова Ю. А., Полякова Г. В. Степень снижения активности иона  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  под растениями и её восстановление в почвах с различной фосфатной буферной способностью // Агрохимия. – 1971. – № 12. – С. 19–28.
17. Антипина Л. П. Проблема фосфора в земледелии Западной Сибири // Сб. науч. тр.; ВАСХНИЛ. Сиб. отд-ние. – Новосибирск, 1989. – С. 110–128.