**УДК 633.11+631.821.1**
**ГРНТИ 68.35.29**

**Науменко А.В., канд. с.-х. наук; Прокопчук В.Ф., канд. с.-х. наук;**
**Дальневосточный государственный аграрный университет, г. Благовещенск;**
**Ковшик И.Г., канд. с.-х. наук,**
**Всероссийский НИИ сои, г. Благовещенск,**
**E-mail: nav_83@mail.ru, vfp200@mail.ru**

# ПОСЛЕДЕЙСТВИЕ ИЗВЕСТИ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ, ФОСФАТНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТЬ ПШЕНИЦЫ

***В статье представлены результаты исследований последействия известкования при длительном применении удобрений на эмиссию углекислого газа, нитрификационную способность, содержание подвижного фосфора и его подвижность в луговой черноземовидной почве. Представлена урожайность яровой пшеницы на седьмой год после внесения извести Чагоянского месторождения. Исследования выполнены в вегетационно-полевом опыте в селе Садовое Тамбовского района Амурской области. Отмечено, что максимальное увеличение эмиссии $CO_2$ на 68% зафиксировано при совместном внесении минеральных и органических удобрений. При последействии известкования нитрификационная способность почв выше по всем системам удобрения – в 1,7-2,7 раза относительно фона без известкования. Последействие извести снизило содержание доступных растениям форм фосфора на фоне минеральных систем удобрения на 19-36% к фону и подвижность фосфора на фоне всех систем удобрения на 27-47% к фону. Тенденция к снижению урожайности пшеницы в последействии извести проявляется при исходном низком и среднем содержании доступных растениям форм фосфора, а при исходной высокой подвижности фосфатов (более 0,3 мг/л) отмечена тенденция к повышению урожайности.***

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ, СОДЕРЖАНИЕ ФОСФОРА, ДЛИТЕЛЬНЫЙ ОПЫТ, ИЗВЕСТКОВАНИЕ, УРОЖАЙНОСТЬ, ПШЕНИЦА

**UDC 633.11+631.821.1**

**Naumenko A.V., Cand.Agr.Sci.;**
**Prokopchuk V.F., Cand.Agr.Sci.,**
**Far Eastern State Agricultural University, Blagoveshchensk;**
**Kovshik I.G., Cand.Agr.Sci.**
**All-Russian Research Institute of Soy, Blagoveshchensk**
**E-mail: nav_83@mail.ru, vfp200@mail.ru**

# LIMING AFTEREFFECT ON BIOLOGICAL ACTIVITY, SOIL PHOSPHATIC CONDITIONS AND CROP CAPACITY OF WHEAT

***The article presents the findings of investigation on liming aftereffect, under the conditions of long-term use of fertilizers, on emission $CO_2$, nitrification ability, content of movable phosphorus and its mobility in the meadow chernozem-like soil. Also the article presents the crop capacity of spring wheat obtained on the seventh year after the Chagoyan deposit's lime had been introduced into soil. The research was carried out in the course of vegetative field experiment in the village of Sadovoe, Tambovskiy District, Amur region. It was found out that the maximum increase in emission of $CO_2$ (by 68%) had been recorded in the case of simultaneous application of mineral and organic fertilizers. Under the liming aftereffect nitrification ability of soil became 1,7 – 2,7 times higher (better) as compared to the background without lime so far as all kinds of fertilizer systems were concerned. The lime aftereffect reduced the content of all***

***forms of phosphorus acceptable for plants against the background of mineral systems of fertilizing by 19-36% as compared to the background and reduced the mobility of phosphorus against the background of all systems of fertilizer by 27-47% in comparison with the background. The downtrend in crop capacity of wheat under lime aftereffect appeared at initial low and average content of all forms of phosphorus acceptable for plants, but at initial high mobility of phosphates (more than 0,3 mg/l) the upward trend in crop capacity of wheat was found.***

KEYWORDS: BIOLOGICAL ACTIVITY, CONTENT OF PHOSPHORUS, LONG-TERM EXPERIMENT, LIMING, CROP CAPACITY, WHEAT

Наряду с основными агрохимическими показателями уровня плодородия почвы, условиями роста и развития растений важнейшим является – биологическая активность почв. С ней связаны процессы синтеза и распада гумуса, минерализация вносимых в почву органических удобрений, пожнивно-корневых остатков возделываемых культур, перевод труднодоступных для растений элементов питания в доступную форму [8].

Изменения интенсивности биохимических процессов в почве чётко прослеживаются только при длительном систематическом применении удобрений. При разовом внесении удобрений эти изменения носят временный характер [3]. Систематическое применение удобрений активизирует деятельность почвенной биоты. Периодическое известкование улучшает условия жизни микроорганизмов в почве [9].

Единственным вариантом для изучения влияния длительного применения удобрений на свойства почв и урожайность культур является длительный стационарный опыт. В условиях юга Амурской области такой опыт был заложен в 1962-1964 гг. во ВНИИ сои. После восьми ротации 5-польного севооборота отмечено, что систематическое применение органических и минеральных удобрений сопровождается изменением физико-химических свойств почвы [11]. В свою очередь, эти свойства почвы помимо непосредственного действия на урожай культурных растений оказывают значительное влияние на биологическую активность почвы, а, значит, и на показатели плодородия.

Цель исследований – выявить влияние извести на фоне длительного применения удобрений на показатели плодородия луговой черноземовидной почвы.

Задачи исследований – изучить влияние извести на фоне длительного применения удобрений: 1) на эмиссию $CO_2$ почвы; 2) на нитрификационную способность почвы; 3) на содержание фосфора и его подвижность; 4) на урожайность пшеницы.

**Методика.** Влияние извести на фоне длительного применения удобрений изучали в вегетационно-полевом опыте с луговой черноземовидной почвой, отобранной в пяти вариантах длительного опыта (1, 3, 4, 6, 9), с различающимися системами удобрения (табл. 1). В этих вариантах произошли наиболее сильные изменения агрохимических свойств в результате сорокадвухлетнего применения минеральных и органо-минеральных удобрений. Двухфакторный вегетационно-полевой опыт был заложен в четырехкратной повторности в пространстве (табл. 2). Известь Чагоянского месторождения вносили из расчета 5,5 т/га в год закладки опыта (2006, 2007 гг.), перед посевом четвертой культуры севооборота – сои. В опыте использовали короба без дна, площадью 0,15 м$^2$, установленные в траншею глубиной 20 см.

Почвенные образцы отобраны после учета урожайности пшеницы в 2013 году, на седьмой год после внесения извести, в них выполнено определение биологической активности почвы (эмиссия углекислого газа методом Г.М. Оганова [5], нитрификационная способность методом С.П. Кравкова [2]) и агрохимические показатели (содержание подвижных форм фосфора методом А.Т. Кирсанова, подвижность фосфора методом Н.П. Карпинского - В.Б. Замятиной [2]).

*Таблица 1*

***Схема длительного стационарного опыта***

| Вариант* | Распределение удобрений по полям севооборота | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | однолетние травы (соя+овес) | соя | пшеница | соя | пшеница |
| 1. Контроль | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2. $P_{30}$ | $P_{30}$ | $P_{60}$ | $P_{60}$ | 0 | 0 |
| 3. $N_{24}$ | $N_{60}$ | $N_{30}$ | $N_{30}$ | 0 | 0 |
| 4. $N_{24}P_{30}$ | $N_{60}P_{30}$ | $N_{30}P_{30}$ | $N_{30}$ | $P_{60}$ | 0 |
| 5. $N_{24}P_{30}K_{24}$ | $N_{60}P_{30}K_{60}$ | $N_{30}P_{60}K_{30}$ | $N_{30}K_{30}$ | $P_{60}$ | 0 |
| 6. $N_{42}P_{48}$ | $N_{90}P_{60}$ | $N_{60}P_{90}$ | $N_{30}P_{30}$ | $N_{30}P_{60}$ | 0 |
| 7. $N_{42}P_{48}$ | $N_{90}P_{60}$ | $N_{30}P_{60}$ | $N_{30}P_{60}$ | $N_{30}P_{60}$ | $N_{30}P_{60}$ |
| 8. $N_{42}P_{48}$ | $N_{90}P_{60}$ | $P_{60}$ | $N_{60}P_{30}$ | $P_{60}$ | $N_{60}P_{30}$ |
| 9. $N_{24}P_{30}$+ навоз 4,8 т | $N_{60}P_{30}$ + навоз 12 т | $N_{30}P_{60}$ | $N_{30}$ | $P_{60}$+ навоз 12 т | 0 |

Примечание: * - среднегодовая нагрузка удобрений на 1 га севооборотной площади

*Таблица 2*

***Схема вегетационно-полевого опыта по изучению влияния извести на фоне длительного применения удобрений***

| Вариант | Внесено удобрений под культуру | |
|---|---|---|
| | соя (2011-2012 гг.) | пшеница (2012-2013 гг.) |
| Фактор А – длительное применение удобрений (фон) | | |
| 1. Без удобрений (контроль) | 0 | 0 |
| 3. $N_{24}$ | 0 | 0 |
| 4. $N_{24}P_{30}$ | $P_{60}$ | 0 |
| 6. $N_{42}P_{48}$ | $N_{30}P_{60}$ | 0 |
| 9. $N_{24}P_{30}$ + навоз 4,8 т (эквивалентно $N_{42}P_{48}$) | $P_{60}$ + навоз 12 т | 0 |
| Фактор Б – известь 5,5 т/га | | |
| 1. Без удобрений | 0 | 0 |
| 3. $N_{24}$ | 0 | 0 |
| 4. $N_{24}P_{30}$ | $P_{60}$ | 0 |
| 6. $N_{42}P_{48}$ | $N_{30}P_{60}$ | 0 |
| 9. $N_{24}P_{30}$ + навоз 4,8 т (эквивалентно $N_{42}P_{48}$) | $P_{60}$ + навоз 12 т | 0 |

**Результаты и обсуждения**

Показателем темпов разложения органического вещества, интенсивности биохимических процессов служит выделение из почвы $CO_2$ [4]. Эмиссия углекислого газа из луговой черноземовидной почвы вегетационно-полевого опыта существенно выше, чем в контроле без применения удобрений, только в варианте $N_{24}$ на 1 га севооборотной площади (рис. 1).

В этом же варианте вегетационно-полевого опыта на 7-й год после внесения извести эмиссия $CO_2$ была на 20% ниже, чем без извести. На фоне других систем удобрений и без удобрений известкование повысило минерализационные процессы и выделение $CO_2$ из почвы. При этом максимальное увеличение этого показателя на 68% отмечено при совместном внесении минеральных и органических удобрений.

Величина нитрификационной способности обусловливается интенсивностью биологических процессов, приводящих к образованию легкорастворимых минеральных форм азота, являющихся надежными показателями обеспеченности почвы доступными для питания растений азотом [1]. Нитрификационная способность луговой черноземовидной почвы на фоне всех систем удобрения ниже, чем в варианте без применения удобрения на 25-38% (рис. 2).

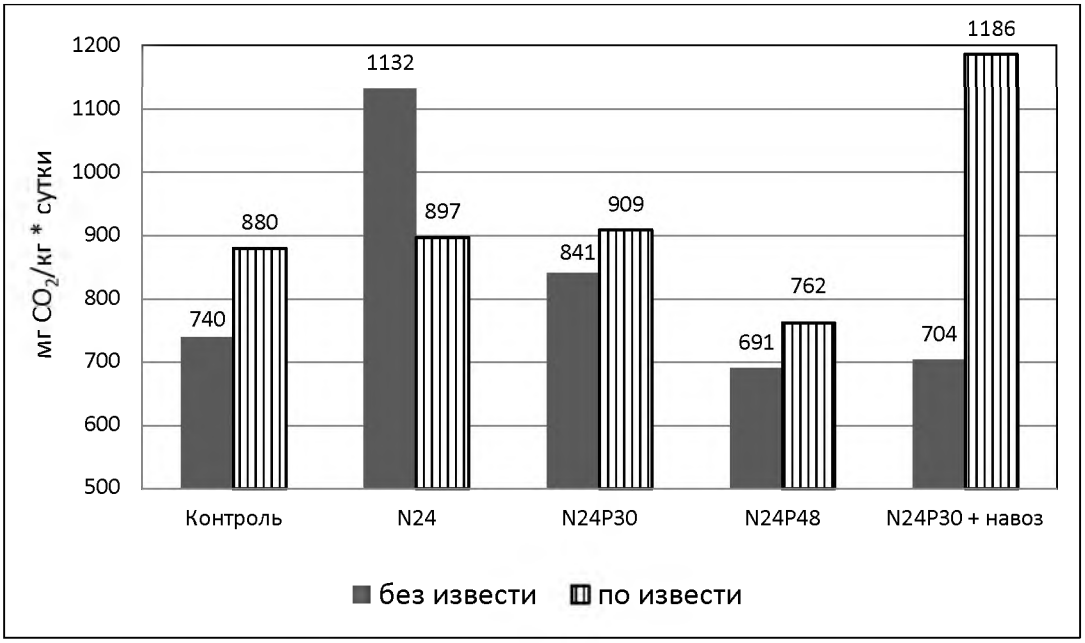


***Рис. 1. Эмиссия $CO_2$ из луговой черноземовидной почвы на фоне различных систем удобрения и известкования***

При последействии известкования нитрификационная способность почвы выше по всем системам удобрения – в 1,7-2,7 раза относительно фона без известкования, что также свидетельствует об усилении минерализационных процессов и улучшении обеспеченности растений азотом.

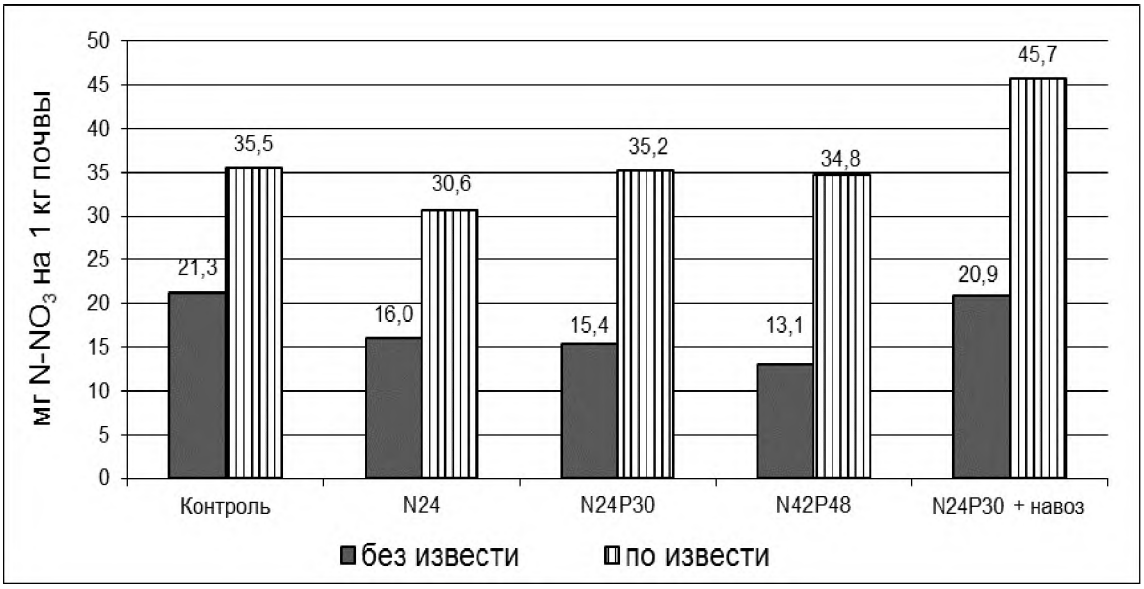


***Рис. 2. Нитрификационная способность луговой черноземовидной почвы на фоне различных систем удобрения и известкования***

Содержание подвижного фосфора в неудобренном варианте и с длительным применением одних азотных удобрений составило 28 и 31 мг/кг почвы соответственно (рис. 3). По данным И.Г. Ковшика [6], такое содержание подвижного фосфора является критическим для почв Амурской области и может повлиять на формирование урожая сельскохозяйственных культур.

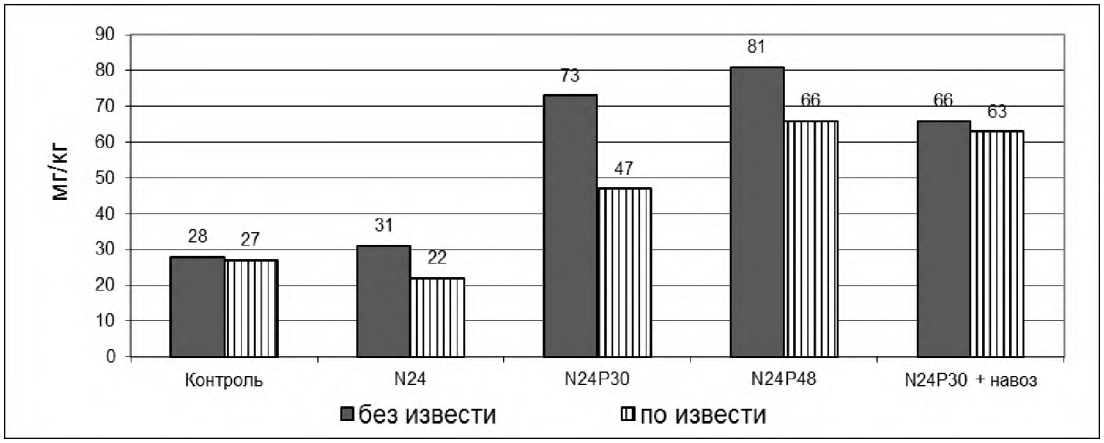


***Рис. 3. Содержание подвижного фосфора в луговой черноземовидной почве на фоне различных систем удобрения и известкования***

По мнению Н.Е. Стрельченко [12] и А.А. Христенко [13], содержание кислотно-растворимых форм фосфора не всегда отражает уровень обеспеченности растений этим элементом. Более надежным диагностическим показателем являются методы, характеризующие концентрацию фосфора в почвенном растворе, в том числе и метод Н.П. Карпинского и В.Б. Замятиной. Подвижность фосфора, определенная этим методом, в неудобренном варианте и с одними азотными удобрениями составила 0,081 и 0,183 мг/л соответственно, что свидетельствует о низкой степени подвижности фосфатов (рис. 4). Длительное применение минеральных и органо-минеральных удобрений обеспечило увеличение степени подвижности фосфатов до средней и высокой (0,246-0,456 мг/л).

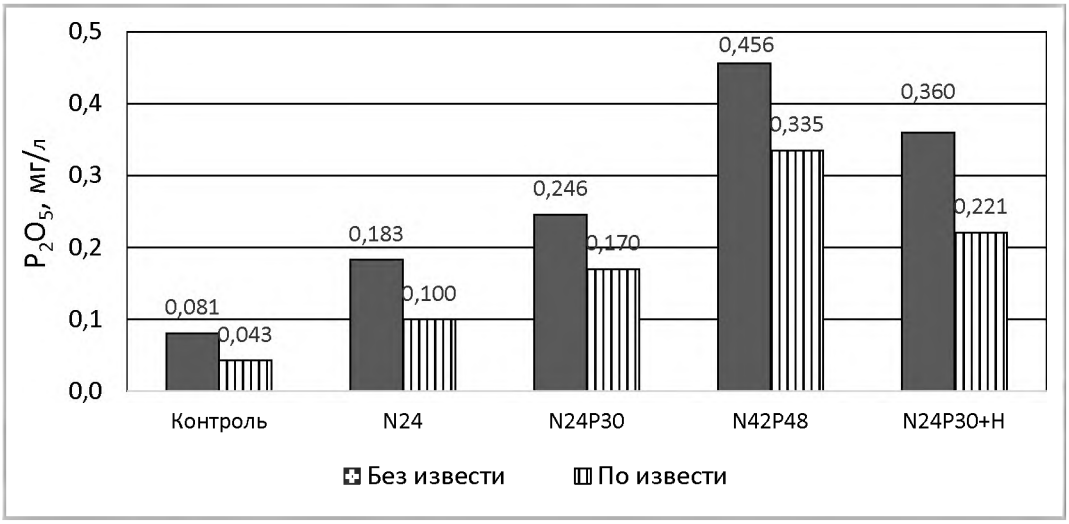


***Рис. 4. Подвижность фосфора в луговой черноземовидной почве на фоне различных систем удобрения и известкования***

Последействие извести снизило содержание доступных растениям форм фосфора в вариантах с минеральными системами удобрений на 19-36% к фону и подвижность фосфора (содержание водорастворимых форм) во всех вариантах на 27-47% к фону. Это свидетельствует об ухудшении обеспеченности растений фосфором даже на 7-й год после известкования. По мнению И.Г. Ковшика [7] и В.Ф. Прокопчук [10], под действием извести содержание доступного растениям фосфора снижается в связи с закреплением его в виде прочносвязанных фосфатов кальция.

В условиях вегетационно-полевого опыта средняя за два года урожайность пшеницы сорта Арюна в контрольном варианте составила 1,57 т/га, при этом длительное применение только азотных удобрений и повышенных доз азотно-фосфорных удобрений достоверно снизило урожайность пшеницы на 0,11 т/га (таблица 3). Увеличение урожайности пшеницы на 0,22 т/га, по сравнению с контролем, произошло в варианте с длительным применением органо-минеральных удобрений в среднегодовой дозе $N_{24}P_{30}$ + навоз 4,8 т.

*Таблица 3*

***Урожайность пшеницы сорта Арюна (5 культура севооборота) среднее за 2012-2013 гг.***

| Вариант | Внесено под культуру | Урожайность, т/га | По отношению к контролю | По отношению к фону |
|---|---|---|---|---|
| Без извести | | | | |
| 1. Без удобрений (контроль) | 0 | 1,57 | - | - |
| 3. $N_{24}$ | 0 | 1,46 | - 0,11 | - |
| 4. $N_{24}P_{30}$ | 0 | 1,62 | 0,05 | - |
| 6. $N_{42}P_{48}$ | 0 | 1,46 | - 0,11 | - |
| 9. $N_{24}P_{30}$ + навоз 4,8 т | 0 | 1,79 | 0,22 | - |
| С известью | | | | |
| 1. Без удобрений | 0 | 1,49 | - 0,08 | - 0,08 |
| 3. $N_{24}$ | 0 | 1,40 | - 0,17 | - 0,06 |
| 4. $N_{24}P_{30}$ | 0 | 1,53 | - 0,04 | - 0,09 |
| 6. $N_{42}P_{48}$ | 0 | 1,53 | - 0,04 | 0,07 |
| 9. $N_{24}P_{30}$ + навоз 4,8 т | 0 | 1,87 | 0,30 | 0,08 |
| $НСР_{05\ частных}$ 0,19; $НСР_{05\ фактор\ А}$ 0,08; $НСР_{05\ фактор\ Б}$ 0,13 | | | | |

На фоне снижения степени подвижности фосфора после известкования тенденция к снижению урожайности пшеницы проявляется лишь при исходном низком и среднем содержании доступных растениям форм фосфора в вариантах без удобрений, $N_{24}$ и $N_{24}P_{30}$. При исходной высокой подвижности фосфатов (более 0,3 мг/л) проявляется тенденция к повышению урожайности пшеницы в последействии извести на 0,07-0,08 т/га.

**Заключение**

Таким образом, последействие извести на фоне длительного применения азотно-фосфорных удобрений увеличивает минерализационные процессы, улучшает азотный режим почв, но снижает подвижность фосфора. Это приводит к тенденции снижения урожайности яровой пшеницы на фоне средней и низкой подвижности этого элемента питания.

**Список литературы**

1. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв [Текст] /Е.В. Аринушкина. – М.: МГУ, 1970. – 325 с.

2. Агрохимические методы исследований почв [Текст] / ред. О.В. Соколов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Наука, 1975. – 656 с.

3. Девятова, Т.А. Ферментативная активность чернозема выщелоченного при длительном систематическом применении удобрений [Текст] / Т.А. Девятова // Агрохимия. – 2006. - №1. – С. 12-15.

4. Дегтярева, И.А. Влияние различных доз извести на биологическую активность выщелоченного чернозема [Текст] / И.А. Дегтярева, Е.И. Ломако, А.Х. Яппаров // Агрохимический вестник. – 2003. – №4. – С. 24-27.

5. Доспехов, Б.А. Практикум по земледелию [Текст] / Б.А. Доспехов, И.П. Васильев, А.М. Туликов. – М.: Колос, 1977. – 383 с.

6. Ковшик, И.Г. Фосфор в почвах Амурской области и эффективность удобрений [Текст] / И.Г. Ковшик, Е.Т. Наумченко //Тр. СибНИИХИМ, СО ВАСХНИЛ «Фосфор в почвах Сибири». Новосибирск. – 1983. – С. 139-147.

7. Ковшик, И.Г. Закрепление фосфора удобрений в почвах в неусвояемой форме / И.Г. Ковшик, В.Г. Демченко // Научно-технический бюллетень. - Новосибирск, 1976. – Вып. 2. – С.81-87.

8. Минеев, В.Г. Агрохимия, биология и экология почвы [Текст] / В.Г. Минеев, Е.Х. Ремпе. – М.: Росагропромиздат, 1990. – 206 с.

9. Минеев, В.Г. Агрохимия [Текст] /В.Г. Минеев. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – 720 с.

10. Прокопчук, В.Ф. Эффективность использования яровой пшеницей и соей фосфора из луговой черноземовидной почвы и минеральных удобрений / В.Ф. Прокопчук // Пути воспроизводства плодородия почв и повышения урожайности сельскохозяйственных культур в Приамурье: сб.науч.тр. – Благовещенск: ДальГАУ, 2000. – Вып. №6. – С. 46-55.

11. Прокопчук, В.Ф. Фосфатный фонд почв Зейско-Буреинской равнины и его изменение при применении удобрений [Текст] / В.Ф.Прокопчук // Почвоведение. – 2003. - №7. – С. 835-841.

12. Стрельченко, Н.Е. Структура фосфатного фонда пахотных почв Приморья, особенности его формирования и пути рационального использования / Н.Е. Стрельченко // Почвенный покров Дальнего Востока, проблемы его эффективного использования, мелиорации и охраны. – Владивосток: ДВО АН СССР, 1987. – С. 124–131.

13. Христенко, А.А. Оценка фосфатного состояния почв с использованием метода Чанга-Джексона [Текст] / А.А. Христенко // Агрохимия. - №8. – 1998. – С. 5-13.

**Reference**

1. Arinushkina, E.V. Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv [Tekst] (Manual on Chemical Analysis of Soils [Text], M.: MGU, 1970, 325 p.

2. Agrokhimicheskie metody issledovanii pochv (Agrochemical Methods of Soil Studies), M.: «Nauka», 1975, 656 p.

3. Devyatova, T.A. Fermentativnaya aktivnost' chernozema vyshchelochennogo pri dlitel'nom sistematicheskom primenenii udobrenii [Tekst] (Fermentative Activity of Chernozem Leached during Long-Term Systematic Use of Fertilizers [Text]), *Agrokhimiya,* 2006, No 1, PP. 12-15.

4. Degtyareva, I.A., Lomako, E.I., Yapparov, A.Kh. Vliyanie razlichnykh doz izvesti na biologicheskuyu aktivnost' vyshchelochennogo chernozema [Tekst] (The Influence of Different Doses of Lime on Biological Activity of the Leached Chernozem [Text]),
*Agrokhimicheskii vestnik,* 2003, No 4, PP. 24-27.

5. Dospekhov, B.A., Vasil'ev, I.P., Tulikov, A.M. Praktikum po zemledeliyu [Tekst] (Practical Work on Farming [Text]), M.: Kolos, 1977, 383 p.

6. Kovshik, I.G., Naumchenko, E.T. Fosfor v pochvakh Amurskoi oblasti i effektivnost' udobrenii [Tekst] (Phosphorus in the Soils of the Amur Region and Efficiency of Fertilizers [Text]), Tr. SibNIIKhIM, SO VASKhNIL «Fosfor v pochvakh Sibiri». Novosibirsk, 1983, PP. 139-147.

7. Kovshik, I.G., Demchenko, V.G. Zakreplenie fosfora udobrenii v pochvakh v neusvoyaemoi forme (Retaining of Fertilizers' Phosphorus in Soils in Non-Digestible Form), Nauchno-tekhnicheskii byulleten', Novosibirsk, 1976, Vyp. 2, PP.81-87.

8. Mineev, V.G., Rempe, E.Kh. Agrokhimiya, biologiya i ekologiya pochvy [Tekst] (Agrochemistry, Biology and Ecology of Soil [Text], M.: Rosagropromizdat, 1990, 206 p.

9. Mineev, V.G. Agrokhimiya [Tekst] (Agrochemistry [Text]), M.: Izd-vo MGU, 2004, 720 p.

10. Prokopchuk, V.F. Effektivnost' ispol'zovaniya yarovoi pshenitsei i soei fosfora iz lugovoi chernozemovidnoi pochvy i mineral'nykh udobrenii (Wheat and Soy Growing: Efficiency of Consuming Phosphorus from Meadow Chernozem-Like Soil and Mineral Fertilizers), Puti vosproizvodstva plodorodiya pochv i povysheniya urozhainosti sel'skokhozyaistvennykh kul'tur v Priamur'e, 2000, Vyp. No 6, PP. 46-55.

11. Prokopchuk, V.F. Fosfatnyi fond pochv Zeisko-Bureinskoi ravniny i ego izmenenie pri primenenii udobrenii [Tekst] (Phosphate Fond of Zeya-Bureya Plain's Soils and its Changes Caused by Use of Fertilizers [Text]), *Pochvovedenie,* 2003, No 7, PP. 835-841.

12. Strel'chenko, N.E. Struktura fosfatnogo fonda pakhotnykh pochv Primor'ya, osobennosti ego formirovaniya i puti ratsional'nogo ispol'zovaniya (Structure of Phosphate Fond of Arable Soils of Primorye, Specifics of its Formation and Ways of Rational Use), Pochvennyi pokrov Dal'nego Vostoka, problemy ego effektivnogo ispol'zovaniya, melioratsii i okhrany, Vladivostok: DVO AN SSSR, 1987, PP. 124–131.

13. Khristenko, A.A. Otsenka fosfatnogo sostoyaniya pochv s ispol'zovaniem metoda Changa-Dzheksona [Tekst] (Assessment of Phosphate State of Soils with the Help of Chang-Jackson's Method), *Agrokhimiya,* No 8, 1998, PP. 5-13.