

# НАУКИ О ЗЕМЛЕ. СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 631.001.55

## ВЛИЯНИЕ АГРОПРИЕМОМ В СЕВООБОРОТЕ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КУЛЬТУР И ПОЧВУ ПРИ ТРАДИЦИОННОЙ И АЛЬТЕРНАТИВНОЙ СИСТЕМАХ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

*С. И. Мацкова, А. В. Гуманюк, Т. В. Пазяева*

*В результате полевых исследований было изучено влияние различных доз удобрений и режимов орошения на урожайность культур в плодосменном севообороте при традиционной и альтернативной системах земледелия. Влияние орошения привело к более эффективному использованию почвенной влаги культурами и повышению урожайности при традиционной и альтернативной системах земледелия. Показано, что удобрения и орошение обеспечили прибавку урожайности культур севооборота. Отмечена тенденция повышения содержания гумуса, а также подвижного фосфора и обменного калия при применении альтернативной системы земледелия и севооборота.*

**Ключевые слова:** орошение, удобрение, севооборот, система земледелия, урожайность, почва, плодородие, гумус.

## INFLUENCE OF AGRICULTURAL PRACTICES IN CROPE ROTATION ON CULTURE PRODUCTIVITY AND SOIL UNDER TRADITIONAL AND ALTERNATIVE AGRICULTURAL SYSTEMS

*S. I. Matskova, A. V. Gumanyuk, T. V. Paziyaeva*

*As a result of field research, the influence of various doses of fertilizers and irrigation regimes on crop yields in fruit-seed crop rotation under traditional and alternative farming systems was studied. The influence of irrigation has affected the more efficient use of soil moisture and, as a result, higher yields under traditional and alternative farming systems. It was shown that fertilizers and irrigation provided an increase of crop yields in crop rotation. A tendency to increase the humus content, as well as an increase in the content of available phosphorus and exchangeable potassium, was noted when using an alternative farming system and crop rotation.*

**Keywords:** irrigation, fertilizer, crop rotation, farming system, productivity, soil, fertility, humus.

---

Для цитирования: **Мацкова, С. И.** Влияние агроприемов в севообороте на продуктивность культур и почву при традиционной и альтернативной системах земледелия / С. И. Мацкова, А. В. Гуманюк, Т. В. Пазяева. – Текст : электронный // Вестник Приднестровского государственного университета. Серия : Медико-биологические и химические науки. – 2024. – № 2 (77). – С. 92–99. – URL: <http://spsu.ru/science/nauchno-izdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu>.

© Мацкова С. И., Гуманюк А. В., Пазяева Т. В., 2024

При интенсификации системы земледелия (СЗ) выделяют два основных способа сохранения плодородия почвы: применение удобрений (органических, сидеральных и минеральных) и мелиоративные мероприятия. На современном этапе развития СЗ повышаются затраты невозможной энергии на получение дополнительного урожая, т. е. применение антропогенной энергии, которая увеличивает зависимость продуктивности агрофитоценозов и окружающей природной среды. Перспективное направление развития систем земледелия является адаптивным, в его основе находится экобиологизация агросистемы [1, с. 4–5].

Сущность любой системы земледелия заключается в сохранении и восстановлении процесса почвообразования для воспроизводства потенциального (природного) плодородия черноземов как механизма увеличения урожая. Союз «растение и почва», а также отношения между ними способствуют усилению этих процессов. В мире наблюдается устойчивое сокращение сельскохозяйственных площадей, поэтому необходимо постоянно увеличивать валовый сбор сельскохозяйственной продукции при изменении системы ведения сельского хозяйства, в основе которой растение и почва рассматриваются как единое целое, как основной фактор, определяющий эффективность и устойчивость всей системы земледелия. Адаптивные системы земледелия по своей агрономической сути – биологизированные. Теоретической основой биологизации СЗ служит учение о регулировании в агрофитоценозах продукционного процесса и воспроизводстве плодородия почв как следствия кругооборота биофильных элементов. Максимальная адаптация агроэкосистем к агроландшафтным условиям возможна при условии нормативных экологических ограничений и биотехнологического прироста [2].

Ресурсосбережение в сельскохозяйственном производстве – очень важный аспект адаптивной научно обоснованной интенсификации растениеводства в мировом масштабе. В сельскохозяйственной отрасли одной из основных стратегических проблем современности является повышение устойчивости и эффективности производства продукции растениеводства с целью обеспечения продуктами питания населения, кормами – животных, а промышленность – качественным сырьем. Для решения такой проблемы необходимо разработать ресурсосберегающие почвозащитные технологии нового поколения, наукоемкие, которые позволят минимизировать затраты для сохранения исходного уровня плодородия почвы при повышении урожайности и качества выращенной продукции [3].

Вода является важнейшим элементом сельскохозяйственного производства, обеспечения продовольственной безопасности и снижения уровня бедности. Вследствие уменьшения количества пресной воды на Земле растет ее дефицит с каждым годом. В связи с этим хозяйственная политика каждого государства должна быть направлена на:

- поддержку рационального, экономного использования воды;
- увеличение эффективности и продуктивности использования водных ресурсов;
- получение большего количества продукции на единицу объема воды.

Современная мелиоративная наука изучает и разрабатывает способы уменьшения техногенной нагрузки на ОПС, выполнение требований экологической безопасности в орошаемом земледелии и водопользовании. В последнее время стремительно внедряются в практику орошаемого земледелия технологии капельного и малообъемного орошения. Новые технологии полива регулируют заданный

режим влажности почвы и минерального питания растений, обеспечивают высокую продуктивность культур, экономию водных ресурсов и электроэнергии [4].

Влажность – главный лимитирующий фактор в нашей зоне, орошение является чрезвычайно продуктивным при условии достаточного количества питательных веществ в почве, обилия тепла и солнечного света.

Но высокая стоимость оросительных систем и дефицит водных ресурсов в таких условиях может негативно повлиять на земледелие с экономической точки зрения. Однако при оптимизации орошения с учетом особенностей каждой культуры в различные периоды роста и развития возможно повысить эффективность использования воды и других энергетических ресурсов. Хорошее развитие корневой системы и интенсификация обменных процессов в почве способствуют повышению эффективности использования воды и питательных веществ из минеральных удобрений, а также в таких условиях повышается актуальное плодородие почв. При снижении оросительной нормы на 30–50 % возможно увеличение продуктивности угодий в 1,5–2 раза в зависимости от возделываемой культуры. В условиях острого водного дефицита проведение увлажнительных поливов не только экономит воду, но и быстрее окупает энергетические затраты [4].

Исследования, проводимые с целью приостановить деградационные процессы черноземов и определить пути их улучшения, не снижая производительности сельскохозяйственных культур, предполагают поиск наиболее эффективных ресурсосберегающих приемов. При этом позволяют комплексно и обоснованно определять целесообразность оптимизации материальных ресурсов (удобрений, воды) при выращивании сельскохозяйственных культур на основе анализа научно обосно-

ванных агроприемов в апробированных схемах опытов. Объективное выявление данных, полученных в длительном стационарном полевом опыте, и дальнейшая оценка влияния водосберегающих режимов орошения на продуктивность сельскохозяйственных культур и эффективность использования ими удобрений при традиционной и альтернативной системах земледелия актуальны, имеют теоретическое и практическое значение.

### Материалы и методы

Исследования проводили на полях ГУ «Приднестровский НИИ сельского хозяйства», расположенных вблизи с. Суклея, на четвертой террасе реки Днестр в полевом севообороте: 1. Люцерна 1 года. 2. Люцерна 2 года. 3. Люцерна 3 года. 4. Томаты безрассадные. 5. Лук. 6. Горох. 7. Озимая пшеница. 8. Подсолнечник. 9. Кукуруза.

Общая площадь под культурой делянки с удобрениями при орошении –  $20 \text{ м} \times 6,3 \text{ м} = 126 \text{ м}^2$ , а без орошения –  $20 \text{ м} \times 4,3 \text{ м} = 86 \text{ м}^2$ . Учетная площадь делянки  $10 \text{ м}^2$ , повторность двукратная.

Почва – чернозем обыкновенный среднесплодный тяжелосуглинистый. Наименьшая влагоемкость почвы в слое 0–50 см равна 25,3 %, в слое 0–100 см – 24,4 %, а объемная масса соответственно 1,19 и 1,34 г/см<sup>3</sup>.

Закладка опытов по методу расщепленных блоков. Принципиальная схема опыта состоит из следующих факторов и их градаций:

#### А. Орошение

1. Без орошения (контроль).
2. Поливы при 70 % от НВ.
3. Поливы при 80 % от НВ.
4. Поливы при 90 % от НВ.

#### Б. Удобрения

1. Без удобрений (контроль).
2. 1 доза  $N_{60}P_{30}K_{30} + N_{15}$ .
3. 2 доза  $N_{90}P_{60}K_{60} + N_{30}$ .
4. 3 доза  $N_{120}P_{90}K_{90} + N_{45}$ .

Расчет сроков и количества поливов на рекомендуемом режиме орошения проводили по уточненной модели Д. А. Штойко, расчет суммарного испарения – по биофизическому методу Д. А. Штойко [5].

Проводили в опыте наблюдения, учеты и анализы в соответствии с общепринятыми методиками исследований [6].

Объект исследования: почва – чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый и возделываемые культуры севооборота.

Цель исследований – определить влияние водосберегающих режимов орошения на продуктивность сельскохозяйственных культур и эффективность использования ими удобрений при традиционной (с применением ежегодной вспашки и минеральных удобрений) и альтернативной (посев некоторых культур по дискованию, применение сидератов, навоза и уменьшенных доз минеральных удобрений) системах земледелия.

## Результаты исследований

Из последних четырех лет исследований по обеспеченности осадками три года были сухими (2020, 2022, 2023) и один (2021) – влажным. Естественно, что в этих условиях решающим фактором получения высоких урожаев было орошение. На томатах в среднем за четыре года путем полива урожайность повышалась в 7,8 раза, на луке – в 2,6, на кукурузе – в 3,2 и на подсолнечнике – в 2,3 раза. В стационарном многолетнем опыте культуры сплошного посева не поливали, но на их продуктивности проявилось последствие орошения на предшественниках. В силу того, что запасы влаги на полях, орошаемых в прошлые годы, были выше, чем в неорошаемом стационаре, урожайность люцерны возрастала в 2,2–2,3 раза, гороха – в 1,3 раза и озимой пшеницы – в 1,8 раза (табл. 1).

Таблица 1

### Прибавки урожайности сельскохозяйственных культур от орошения и от его последствия, т/га

Культура	Вариант орошения	Год				Среднее
		2020	2021	2022	2023	
При орошении						
Томат	б/о	0,1	19,8	0,1	0,1	5,0
	Прибавка	37,1	5,6	44,1	48,3	33,8
Лук	б/о	4,8	35,5	0,1	7,0	11,8
	Прибавка	24,5	10,3	27,1	12,2	18,5
Кукуруза	б/о	0,1	10,4	0,1	0,1	2,7
	Прибавка	7,7	2,7	8,7	4,5	5,9
Подсолнечник	б/о	0,8	2,9	2,6	0,7	1,8
	Прибавка	3,1	1,1	1,6	3,6	2,4
Последствие орошения						
Люцерна 1 года	б/о	7,8	25,3	–	6,6	13,2
	Прибавка	41,4	7,6	–	1,9	17,0
Люцерна 2 года	б/о	5,4	27,4	6,4	11,7	12,7
	Прибавка	42,6	12,0	10,4	1,2	16,6
Люцерна 3 года	б/о	6,1	21,6	4,6	9,7	10,5
	Прибавка	20,8	19,0	8,8	2,9	12,9
Горох	б/о	–	3,0	1,0	1,6	1,9
	Прибавка	–	0,1	0,9	0,8	0,6
Пшеница озимая	б/о	0,2	5,0	2,2	3,6	2,8
	Прибавка	3,3	2,2	1,1	2,0	2,2

Влияние удобрений на среднюю урожайность орошаемых культур было также положительным, но менее значимым, чем влияние орошения (табл. 2). Прибавки урожайности были не всегда логичным подтверждением в отношении к обеспеченности лет осадками. К примеру, во влажном 2021 году удобрения повышали урожайность томатов на 51 %, в сухом 2020 году – на 80 %, а также в сухом 2022 году – всего лишь на 13 %. По всей вероятности, это является следствием несвоевременности выпадения осадков, сказалось также влияние температурного режима и других климатических факторов.

Средняя прибавка урожайности от удобрений на орошаемых культурах (см. табл. 2) колебалась от 20 до 50 %, а на неорошаемых – изменялась от –5 % (на горохе) до +10–33 % (на остальных культурах).

Влияние альтернативной СЗ на повышение урожайности культур севооборота положительное, но в двух случаях – на

подсолнечнике и на горохе – проявилось отрицательно (табл. 3). Вероятно, это связано с плодородием почвы, где изменения происходят очень медленно при альтернативной системе земледелия, но скорее всего это влияние климатических условий в связи с особенностями этих культур. Ведь коэффициент суммарного испарения подсолнечника более, чем в пять раз, а у гороха в 1,6 раза превышает этот показатель у озимой пшеницы.

В орошаемом земледелии очень большое значение имеет такой показатель, как коэффициент суммарного испарения, показывающий, сколько тратится воды на формирование тонны продукции. На участках без орошения для формирования тонны зерна кукурузы потребовалось 21700 м<sup>3</sup> воды, а для тонны плодов томатов необходимо было 12000 м<sup>3</sup>, тонны семян подсолнечника – 2688–3750 м<sup>3</sup>, гороха – 1123 м<sup>3</sup>, пшеницы – 689 м<sup>3</sup>, лука – 237 м<sup>3</sup>, люцерны 1, 2 и 3 года – 230–375 м<sup>3</sup> воды.

Таблица 2

Прибавки урожайности сельскохозяйственных культур от удобрений, т/га

Культура	Вариант удобрений	Год				Среднее
		2020	2021	2022	2023	
При орошении						
Томат	б/у	20,0	17,1	20,2	16,7	18,5
	Прибавка	15,9	8,8	2,7	10,2	9,4
Лук	б/у	21,9	31,6	8,0	11,0	18,1
	Прибавка	5,2	12,1	7,5	2,9	6,9
Кукуруза	б/у	3,2	9,9	3,2	2,1	4,6
	Прибавка	0,9	2,4	1,7	0,3	1,3
Подсолнечник	б/у	3,0	3,0	3,4	2,9	3,1
	Прибавка	0,5	0,6	0,4	0,7	0,6
На полях, орошаемых в прошлые годы						
Люцерна 1 года	б/у	25,5	26,4	–	6,3	19,4
	Прибавка	4,0	3,6	–	1,6	3,1
Люцерна 2 года	б/у	23,6	30,9	12,1	11,4	19,5
	Прибавка	4,2	4,0	– 0,7	1,8	2,3
Люцерна 3 года	б/у	15,7	28,6	9,5	9,1	15,7
	Прибавка	1,1	3,0	– 0,6	2,7	1,6
Горох	б/у	–	2,6	2,4	1,6	2,2
	Прибавка	–	0,6	– 1,3	0,5	– 0,1
Пшеница озимая	б/у	0,8	5,2	2,5	3,7	3,0
	Прибавка	1,4	1,2	0,3	1,2	1,0

Таблица 3

## Прибавки урожайности сельскохозяйственных культур от альтернативной системы земледелия, т/га

Культура	Вариант системы земледелия	Год				Среднее
		2020	2021	2022	2023	
При орошении						
Томат	Традиционная	29,0	21,3	20,5	23,7	23,6
	Прибавка	5,8	5,0	3,4	1,3	3,9
Лук	Традиционная	24,5	36,8	11,4	12,6	21,3
	Прибавка	3,6	7,7	4,5	1,1	4,2
Кукуруза	Традиционная	3,6	10,8	3,7	2,2	5,1
	Прибавка	0,5	1,8	1,4	0,3	1,0
Подсолнечник	Традиционная	3,6	3,9	3,6	3,0	3,5
	Прибавка	-0,2	-1,0	0,2	0,8	-0,1
На полях, орошаемых в прошлые годы						
Люцерна 1 года	Традиционная	25,9	28,0	-	7,0	18,2
	Прибавка	5,1	2,2	-	0,8	2,7
Люцерна 2 года	Традиционная	24,2	34,0	12,8	12,0	20,8
	Прибавка	5,1	-1,1	-2,5	1,5	0,8
Люцерна 3 года	Традиционная	16,4	28,4	9,3	10,6	16,2
	Прибавка	0,2	4,9	-0,5	1,0	1,4
Горох	Традиционная	-	3,0	1,5	2,0	2,2
	Прибавка	-	0,1	-0,2	-0,1	-0,1
Пшеница озимая	Традиционная	1,8	6,4	2,4	4,3	3,7
	Прибавка	0,1	-0,6	0,7	0,5	0,2

Коэффициент водопотребления – величина, тесно связанная с суммарным водопотреблением – количество воды, которое расходуется культурой на создание единицы основной продукции ( $\text{м}^3/\text{т}$ ). Чем выше урожай, тем меньше затраты воды на единицу урожая. На орошаемых участках или орошаемых в прошлые годы участках (где происходило накопление ее запасов) почвенная влага, как правило, использовалась намного эффективнее (на некоторых культурах в десятки раз). По всей вероятности, это и было основной причиной более высокой урожайности на этих участках как при традиционной, так и при альтернативной системе земледелия. На томатах, луке, горохе, кукурузе и озимой пшенице при альтернативной системе земледелия почвенная влага также использовалась эффективнее, чем при традиционной системе (рис. 1–5).

Исследователи используют в краткосрочных опытах для определения баланса гумуса расчетный метод. Базовым

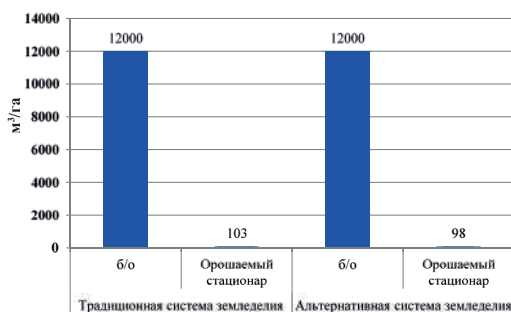


Рис. 1. Коэффициенты суммарного испарения томата при традиционной и альтернативной системе земледелия



Рис. 2. Коэффициенты суммарного испарения лука при традиционной и альтернативной системе земледелия

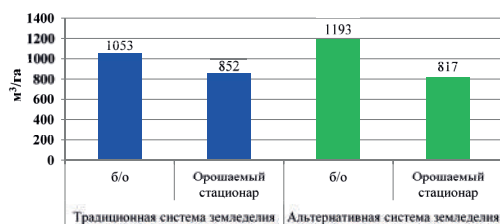


Рис. 3. Коэффициенты суммарного испарения гороха при традиционной и альтернативной системе земледелия



Рис. 4. Коэффициенты суммарного испарения кукурузы при традиционной и альтернативной системе земледелия



Рис. 5. Коэффициенты суммарного испарения озимой пшеницы при традиционной и альтернативной системе земледелия

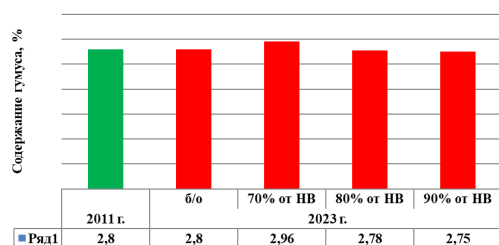


Рис. 6. Влияние режима орошения на содержание гумуса

показателем при оценке плодородия почв является содержание гумуса, но такие изменения происходят очень медленно, поэтому аналитически их сложно определить. После закладки стационара исходные данные содержания гумуса в почве, определенные аналитически в 2011 году, можно сравнить с данными анализов в 2023 году и узнать, как они изменились. Было установлено, что в среднем по стационару при альтернативной системе земледелия благодаря внесению навоза и сидерации наметилась тенденция увеличения в пахотном слое почвы содержания

гумуса с 2,8 % до 2,88–3,07 % при разных уровнях доз удобрений (табл. 4).

В меньшей степени содержание гумуса зависело от осадков, так как даже орошение практически не влияло на него. В неорошаемом стационаре содержание гумуса за 13 лет не изменилось, а в орошаемом – четких зависимостей не установлено (рис. 6).

При оценке изменения плодородия почв важным является содержание гумуса, но такие преобразования происходят медленно, поэтому анализировать их очень сложно. Чаще всего исследователи в краткосрочных опытах для определения

Таблица 4

Мониторинг содержания гумуса на неудобренных и удобренных вариантах

Исходное содержание гумуса, % (2011 г.)	Содержание гумуса спустя 13 лет (2023 г.)			
	Доза удобрений	Система земледелия		
		Традиционная	Альтернативная	Среднее
2,80	б/у	2,86	2,74	2,80
	Минимальная	2,79	2,88	2,84
	Средняя	2,78	3,07	2,92
	Максимальная	2,76	2,88	2,82

баланса гумуса используют расчетный метод. После закладки стационара этим методом пользовались и мы, используя исходные данные 2011 года, определенные аналитически. В 2023 году в среднем по стационару при альтернативной системе земледелия, благодаря внесению навоза и сидерации, наметилась тенденция увеличения содержания гумуса в пахотном слое почвы с 2,8 до 2,88–3,07 %. При ведении альтернативной системы земледелия рассчитана ежегодная экономия, она составляет по 28 кг азота и 35 кг фосфора на каждый гектар севооборотной площади. Под действием севооборота и органических удобрений в пахотном слое почвы наметилась тенденция увеличения содержания подвижного фосфора и обменного калия, о чем свидетельствуют положительные тренды содержания этих элементов.

Таким образом, орошение является решающим фактором получения высоких урожаев. В среднем за четыре года на поливе урожайность томатов увеличилась в 7,8 раз, лука – в 2,6, кукурузы – в 3,2 и подсолнечника – в 2,3 раза.

Влияние удобрений на среднюю урожайность орошаемых культур положительное, но менее значимое, чем орошение.

На орошаемых или орошаемых в прошлые годы участках почвенная влага использовалась более эффективно, что существенно повлияло на урожайность как при традиционной, так и при альтернативной системе земледелия.

На томатах, луке, горохе, озимой пшенице и кукурузе при альтернативной системе земледелия почвенные запасы влаги расходовались эффективнее, чем при традиционной системе земледелия.

Отмеченная тенденция повышения содержания гумуса при применении альтернативной системы земледелия и севооборота позволяет считать, что плодородие почвы сохраняется.

## Цитированная литература

1. Системы земледелия / А. Ф. Сафонов, А. М. Гатаулин, И. Г. Платонов [и др.]; под редакцией А. Ф. Сафонова. – Москва: КолосС, 2009. – 447 с. – Текст : непосредственный.

2. Жигеу, Г. Методологические и теоретические основы биологизации систем земледелия / Г. Жигеу. – Текст : электронный // ЛИДЕР. – 2009. – URL: <https://lider-agro.md/?p=2962> (дата обращения: 25.12.2023).

3. Гостев, А. В. Эффективность ресурсосбережения в технологиях возделывания колосовых культур Центрального Черноземья: специальность 06.01.01 «Общее земледелие, растениеводство»: Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. – URL: [https://www.bgsha.com/download/sciences/gostev/avt\\_gostev.pdf](https://www.bgsha.com/download/sciences/gostev/avt_gostev.pdf) – Текст : электронный (дата обращения: 20.01.2024).

4. Добрачев, Ю. П. Орошение – испытанное средство противостояния засухам и грядущему потеплению климата / Ю. П. Добрачев. – Текст : электронный // Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения: материалы международной научной конференции. Том II. – Москва: ВНИИА, 2016. – 336 с. – URL: [http://www.eecca-water.net/file/sbornik2016\\_vol2\\_vniigim.pdf](http://www.eecca-water.net/file/sbornik2016_vol2_vniigim.pdf) (дата обращения: 20.01.2024)

5. Штойко, Д. А. Нормативы проектирования режимов орошения сельскохозяйственных культур и гидромодуля в условиях интенсивного использования орошаемых земель / Д. А. Штойко. – Текст : непосредственный // Орошаемое земледелие в ЕЧ СССР. – Москва: Колос, 1965. – С. 171–185.

6. Гуманюк, А. В. Отчет о результатах научно-исследовательской работы по теме НИР № 6 «Мониторинг плодородия почв и разработка агротехнических мероприятий для его поддержания и постепенного восстановления» (заключительный) / А. В. Гуманюк. – Тирасполь: ПНИИСХ, 2023. – 79 с. – Текст: непосредственный.