

**АГРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ  
ГИДРОГЕЛЕЙ В ПОЛЕВОМ СЕВООБОРОТЕ**

Т. Н. Данилова

*ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»  
195220, Санкт-Петербург, Гражданский пр., 14  
E-mail: danilovatn@yandex.ru*

*Поступила в редакцию 12 июля 2021 г., принята к печати 29 ноября 2021 г.*

Применение передовых технологий с целью поддержания и сохранения влаги в почве имеет решающее значение для повышения продуктивности сельскохозяйственных культур. В данной работе проведен анализ агрономической, экономической и энергетической эффективности применения гидрогелей отечественного производства в звене полевого севооборота. Установлено, что влияние гидрогелей на продуктивность сельскохозяйственных культур севооборота оказалось наиболее эффективным на второй и третий годы после внесения. Наибольшая окупаемость 1 кг гидрогеля за счет увеличения урожайности сельскохозяйственных культур в звене севооборота отмечена на многолетних травах 1-го года пользования (с дозами ГГ<sub>Na</sub>-100; ГГ<sub>Na</sub>-200; ГГ<sub>K</sub>-300) и 2-го года пользования (с более высокими дозами внесения ГГ<sub>Na</sub>-300 и ГГ<sub>K</sub>-300). Расчеты экономической эффективности использования гидрогелей в звене полевого севооборота показали, что в первый год применения гидрогели не обеспечили получения условного чистого дохода на посевах ячменя с подсевом многолетних трав. Это связано с высокой стоимостью гидрогеля и весьма существенными затратами на его внесение в первый год применения. Максимальный условный чистый доход от применения обоих гидрогелей с дозой внесения 300 кг га<sup>-1</sup> был получен на третий год после внесения. Уровень рентабельности составил 207,0–304,8%. Последствие гидрогелей проявилось и на пятый год после внесения. Условный чистый доход был получен в вариантах опыта с использованием гидрогеля на основе натрия (с дозами внесения 100 кг га<sup>-1</sup>; 200 кг га<sup>-1</sup>; 300 кг га<sup>-1</sup>), уровень рентабельности составил 110,6–141,5%. Биоэнергетический коэффициент практически во всех вариантах севооборота превышал 1,0 и даже достигал 6–9 на многолетних травах 1-го и 2-го годов пользования, что свидетельствует об эффективном использовании влаги гидрогелей. Можно сделать вывод, что система применения гидрогелей в звене полевого севооборота энергетически оправдана.

**Ключевые слова:** полимерные гели, агротехнологический прием, продуктивность культур, условный чистый доход, рентабельность.

**AGROECONOMIC AND ENERGY EFFICIENCY OF THE HYDROGELS APPLICATION IN THE  
FIELD CROP ROTATION**

T.N. Danilova

*Agrophysical Research Institute  
14, Grazhdanskiy pr., St.-Petersburg, 195220  
E-mail: danilovatn@yandex.ru*

Applying advanced technologies to maintain and retain soil moisture is critical to increasing crop productivity. This work analyzes the agronomic, economic and energy efficiency of domestically produced hydrogels application in a field crop rotation. It was found, that the effect of hydrogels on the crop productivity in the crop rotation was most effective in the second and third years after application. The highest payback of 1 kg of hydrogel due to an increase in the crop yield in the crop rotation was noted on perennial grasses of the 1<sup>st</sup> year (with rates of HG<sub>Na</sub>-100; HG<sub>Na</sub>-200; HG<sub>K</sub>-300) and the 2<sup>nd</sup> year (with higher rates of HG<sub>Na</sub>-300 and HG<sub>K</sub>-300). Calculations of the economic efficiency of the hydrogels use in the field crop rotation showed that in the first year of application, hydrogels did not provide a conditional net income on barley crop with over-sown perennial grasses. This is due to the high cost of the hydrogel and very significant costs for its application in the first year of use. The maximum notional net income from the use of both hydrogels with an application rate of 300 kg ha<sup>-1</sup> was obtained in the third year after application. The profitability level was 207.0–304.8%. The aftereffect of hydrogels was also manifested in the fifth year after application. Conditional net income was obtained in the treatments with sodium-based hydrogel (with application rates of 100 kg ha<sup>-1</sup>; 200 kg ha<sup>-1</sup>; 300 kg ha<sup>-1</sup>), the level of profitability was 110.6–141.5%. The bioenergy coefficient in almost all crop rotation treatments exceeded 1.0 and even reached 6–9 on perennial grasses of the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> year, which indicates the effective use of hydrogels water. It can be concluded, that the system of using hydrogels in the field crop rotation is energetically justified.

**Key words:** polymer gels, agricultural technology, crop productivity, conditional net income, profitability.

## ВВЕДЕНИЕ

Современному сельскому хозяйству необходимы новые технологии, которые позволят получать высокие урожаи качественной экологически чистой продукции с минимальным риском загрязнения окружающей среды. Повышение урожайности сельскохозяйственных культур может быть достигнуто за счет разработки инновационных (на базе высокопроизводительной техники и оборудования) агротехнологий. В растениеводстве оценивается эффективность основных агротехнических мероприятий – совершенствование структуры посевных площадей, освоение севооборотов, использование интенсивных и ресурсосберегающих технологий, применение удобрений и средств защиты растений, внедрение в производство новых интенсивных сортов сельскохозяйственных культур.

Для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур в почвенно-климатических условиях Северо-Западной зоны РФ необходимо осуществлять управление водным режимом почв. Правильный выбор агротехнических приемов – основной фактор, оказывающий влияние на продуктивность культур севооборота (Иванов и др., 2009). Применение влагопоглощающих гидрогелей является одним из агротехнологических приемов управления водообеспеченностью посевов при весенних почвенных засухах, которые в последние годы часто наблюдаются в Северо-Западной зоне РФ. Внесение гидрогеля способствует созданию дополнительных запасов влаги на разных стадиях выращивания сельскохозяйственных культур. Дополнительные запасы влаги, создаваемые за счет внесения гидрогеля, могут составлять от 10 до 30 мм и обеспечивать значительное пролонгирование влажности на весь вегетационный период. Экономическая целесообразность данного агротехнологического приема может быть обеспечена за счет внесения минимально необходимого количества влагопоглощающего полимерного геля в зависимости от типа и вида почвы, химического состава почвенного раствора, прогнозируемых погодных ситуаций, вида сельскохозяйственной культуры, стоимости технологии внесения и самого препарата, а также цены реализации произведенной продукции. Применение гидрогелей в мелиорации и растениеводстве, особенно в условиях полуаридной и аридной зон, имеет решающее значение для повышения влагосодержания почвы, эффективности орошения (наличие гидрогеля в почве может повысить эффективность орошения на 8,1 % при умеренной засухе и на 15,6% при более сильной засухе) и достижения максимальной урожайности и продуктивности сельскохозяйственных культур (Abobatta, 2018).

При определении экономической эффективности агротехнических мероприятий используется следующая система показателей: урожайность сельскохозяйственных культур, выход валовой продукции в денежном выражении на 1 га посевов, затраты труда и материально-денежных средств на 1 га посевов, окупаемость дополнительных

затрат, трудоемкость и себестоимость единицы продукции, прибыль на 1 га посевов, уровень рентабельности.

Цель настоящей работы заключалась в проведении анализа агрономической, экономической и энергетической эффективности применения гидрогелей в звене полевого севооборота. Актуальность исследования обусловлена тем, что в наблюдаемых условиях изменения климата водообеспеченность посевов сельскохозяйственных культур ухудшается, поэтому использование влагопоглощающих полимерных гелей, способных обеспечить поддержание оптимальных условий водного режима в период вегетации растений, является перспективным средством активного управления их водообеспеченностью. Новизна определяется тем, что в работе проведен комплексный анализ показателей эффективности применения гидрогелей в полевом севообороте.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследования по изучению агрономической, экономической и энергетической эффективности гидрогелей проводились на протяжении 2012–2016 гг. в полевом севообороте агрофизического стационара Меньковского филиала ФГБНУ АФИ на среднеоккультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве. Агрофизическая характеристика почвы (гранулометрический состав и физико-химические свойства по данным К. Г. Моисеева с соавт. (2013)) содержится в статье (Данилова, 2020). Схема чередования культур, а также описание вариантов опыта и гидрогелей представлены в работах (Данилова, Оленченко, 2016; Данилова, 2018).

В настоящей работе показатели агрономической, экономической и энергетической эффективности гидрогелей для культур полевого севооборота рассчитывались по методике определения агрономической и экономической эффективности удобрений и прогнозирования урожая сельскохозяйственных культур (Богдевич и др., 1988, 2010; Иванов и др., 2009). Показатель агрономической эффективности гидрогелей определяется по увеличению урожайности с гектара посевной площади. При этом прибавки для всего севооборота выражаются в зерновых или кормовых единицах. В исследуемом полевом севообороте вся продукция после уборки урожая направлялась на Гатчинский комбикормовый завод прямым транспортированием с поля (без послеуборочной подработки). Поэтому в настоящей работе окупаемость 1 кг гидрогеля представлена в кормовых единицах.

Показатели экономической эффективности использования гидрогелей можно рассчитать по данным полевых и производственных опытов в типичных природно-экономических условиях, а также по нормативам прибавок урожайности сельскохозяйственных культур и суммарным средним затратам на единицу (т, кг) гидрогеля. Экономическая эффективность применения гидрогеля определялась по разнице между стоимостью полученной прибавки урожая и затратами на ее формирование. Данный

показатель обычно называется условным чистым доходом. Чистая прибыль, отнесенная на дополнительные затраты, характеризует рентабельность применения гидрогеля. Дополнительные затраты, связанные с приростом урожая, включают в себя стоимость гидрогеля, затраты на его применение и сбор дополнительной продукции. В прогнозных оценках стоимость гидрогеля учитывалась исходя из цен поставщиков, а учет остальных затрат осуществлялся по технологическим картам. Для получения объективной информации по отдельным культурам необходимо предусмотреть такие принципы распределения затрат на гидрогель, которые учитывали бы как его прямое действие, так и последствие (Шекунова и др., 2016).

При расчете экономической эффективности гидрогеля для каждой культуры полевого севооборота учитывался уровень цен на товарную продукцию по состоянию на каждый год. При расчете затрат на производство, хранение, погрузку, транспортировку и применение гидрогеля под культуру учитывались его действие и последствие на последующие культуры севооборота. Срок действия гидрогеля составляет пять лет, поэтому 50% затрат приходится на первый год, 25% – на второй, 10% – на третий, 10% – на четвертый и 5% – на пятый.

Рациональность технологии возделывания сельскохозяйственных культур в первую очередь определяется ее энергетической эффективностью. Расчет энергетической эффективности применения гидрогеля включал в себя следующие шаги:

- определение суммарных энергетических затрат на его применение;
- энергетическая оценка полученной продукции;
- определение коэффициента энергетической окупаемости.

Расчет энергетической эффективности применения гидрогелей в звене полевого севооборота проводился по методике определения энергетической эффективности применения минеральных,

органических и известковых удобрений (Василук и др., 1996) и по учебно-методическому пособию (Шекунова и др., 2016).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Агрономическая эффективность гидрогеля – результат его влияния на выход основной продукции, выраженный прибавкой урожая с гектара. Для определения показателей фактической агрономической эффективности гидрогелей в севообороте использовались экспериментальные отчетные данные по сбору продукции растениеводства. В табл. 1 представлены данные об агрономической эффективности использования гидрогелей в звене полевого севооборота (2012–2016 гг.).

Наибольшая окупаемость 1 кг гидрогеля за счет увеличения урожайности сельскохозяйственных культур в звене севооборота отмечена на многолетних травах 1-го года пользования (с дозами ГГ<sub>Na</sub>-100; ГГ<sub>Na</sub>-200; ГГ<sub>K</sub>-300) и 2-го года пользования (с более высокими дозами внесения ГГ<sub>Na</sub>-300 и ГГ<sub>K</sub>-300). В первый год применения окупаемость 1 кг гидрогеля отмечена в вариантах с использованием гидрогеля на натриевой и калиевой основаниях при дозе внесения 100 кг га<sup>-1</sup>. При дозе внесения 200 кг га<sup>-1</sup> окупаемость снизилась в два раза в обоих вариантах, а при дозе 300 кг га<sup>-1</sup> окупаемость гидрогелей была очень низкой. Наилучшие результаты во всех вариантах были достигнуты при использовании гидрогеля на основе натрия на второй год после внесения. На третий год после внесения наибольшая окупаемость обоих гидрогелей отмечена при высоких дозах внесения (300 кг га<sup>-1</sup>). На четвертый и пятый годы окупаемость значительно снизилась, однако при применении гидрогеля на основе натрия во всех вариантах эксперимента были достигнуты наилучшие результаты. Таким образом, наилучшие показатели агрономической эффективности применения гидрогеля соответствовали дозам внесения гидрогеля на основе натрия 100 кг га<sup>-1</sup>, 200 кг га<sup>-1</sup> и 300 кг га<sup>-1</sup>.

Таблица 1. Агрономическая эффективность применения гидрогелей в полевом севообороте (2012–2016 гг.)

Варианты опыта	Культуры севооборота														
	ячмень с подсевом мн. трав			многолетние травы I г. п.			многолетние травы II г. п.			озимая рожь			ячмень		
	урожайность, ц га <sup>-1</sup>	прибавка, ц га <sup>-1</sup>	окупаемость, I кг геля, к. ед.	урожайность, ц га <sup>-1</sup>	прибавка, ц га <sup>-1</sup>	окупаемость, I кг геля, к. ед.	урожайность, ц га <sup>-1</sup>	прибавка, ц га <sup>-1</sup>	окупаемость, I кг геля, к. ед.	урожайность, ц га <sup>-1</sup>	прибавка, ц га <sup>-1</sup>	окупаемость, I кг геля, к. ед.	урожайность, ц га <sup>-1</sup>	прибавка, ц га <sup>-1</sup>	окупаемость, I кг геля, к. ед.
Конт-ль	27,2	–	–	147	–	–	73	–	–	34,9	–	–	12,72	–	–
ГГ <sub>Na</sub> -100	34,1	6,9	<b>10,35</b>	176	29,0	<b>14,79</b>	76	3,0	1,53	37,37	2,47	<b>3,58</b>	14,36	1,64	<b>2,46</b>
ГГ <sub>K</sub> -100	35,4	8,2	<b>12,3</b>	162	15,0	7,65	80,5	7,5	3,82	36,0	1,1	1,6	14,15	1,43	<b>2,14</b>
ГГ <sub>Na</sub> -200	35,6	8,4	<b>6,3</b>	178	31,0	<b>15,81</b>	85	12,0	<b>6,12</b>	38,64	3,74	<b>2,71</b>	14,9	2,18	<b>3,27</b>
ГГ <sub>K</sub> -200	34,5	7,3	<b>5,47</b>	158	13,0	6,63	74	11,0	<b>5,61</b>	36,41	1,51	1,09	13,85	1,13	1,69
ГГ <sub>Na</sub> -300	30,7	3,5	1,75	165	20,0	<b>10,2</b>	79	22,0	<b>11,22</b>	39,92	5,02	<b>2,42</b>	15,04	2,32	<b>3,48</b>
ГГ <sub>K</sub> -300	29,4	2,2	1,1	174	27,0	<b>13,77</b>	102	29,0	<b>14,79</b>	37,85	2,95	1,43	13,43	1,01	1,51

Для определения показателей экономической эффективности применения гидрогелей необходимо рассчитать производственные затраты на внесение геля на 1 га посевной площади. Производственные затраты на внесение гидрогеля на 1 га в звене севооборота (по технологическим картам) распределились следующим образом:

Затраты при внесении гидрогеля в дозе 100 кг га<sup>-1</sup> – 23765,65 руб. га<sup>-1</sup> (всего):

на 1-й год – 50% – 11882,82 руб. га<sup>-1</sup>;

на 2-й год – 25% – 5941,41 руб. га<sup>-1</sup>;

на 3-й год – 10% – 2376,56 руб. га<sup>-1</sup>;

на 4-й год – 10% – 2376,56 руб. га<sup>-1</sup>;

на 5-й год – 5% – 1188,28 руб. га<sup>-1</sup>.

Затраты при внесении гидрогеля в дозе 200 кг га<sup>-1</sup> – 43765,65 руб. га<sup>-1</sup> (всего):

на 1-й год – 50% – 21882,82 руб. га<sup>-1</sup>;

на 2-й год – 25% – 10941,41 руб. га<sup>-1</sup>;

на 3-й год – 10% – 4376,56 руб. га<sup>-1</sup>;

на 4-й год – 10% – 4376,56 руб. га<sup>-1</sup>;

на 5-й год – 5% – 2188,28 руб. га<sup>-1</sup>.

Затраты при внесении гидрогеля в дозе 300 кг га<sup>-1</sup> – 63765,65 руб. га<sup>-1</sup> (всего):

на 1-й год – 50% – 31882,82 руб. га<sup>-1</sup>;

на 2-й год – 25% – 15941,41 руб. га<sup>-1</sup>;

на 3-й год – 10% – 6376,56 руб. га<sup>-1</sup>;

на 4-й год – 10% – 6376,56 руб. га<sup>-1</sup>;

на 5-й год – 5% – 3188,28 руб. га<sup>-1</sup>.

Для расчета прибыли предварительно определялись стоимость прибавки урожая, полученной в результате применения гидрогеля, и затраты на получение прибавки урожая за счет гидрогеля. Стоимость прибавки продукции, полученной в результате использования гидрогеля, определялась по закупочным ценам или усредненным ценам реализации продукции. В табл. 2 приведены показатели экономической эффективности применения гидрогеля.

Таблица 2. Показатели экономической эффективности применения гидрогеля в звене полевого севооборота (2012–2016 гг.)

Варианты опыта	Показатели, единицы измерения					
	прибавка урожайности, г га <sup>-1</sup>	стоимость прибавки урожай-ти, руб. га <sup>-1</sup>	дополнительные затраты, руб. га <sup>-1</sup>	стоимость гидрогеля, руб. кг <sup>-1</sup>	условный чистый доход, руб. га <sup>-1</sup>	рентабельность, %
<b>Ячмень с подсевом многолетних трав</b>						
ГГ Na-100	690	12075,0	11882,82	200	192,18	1,62
ГГ K-100	820	14350,0	11882,82	200	2467,18	20,76
ГГ Na -200	840	14700,0	21882,82	200	-7182,82	-32,82
ГГ K-200	730	12775,0	21882,82	200	-9107,82	-41,62
ГГ Na-300	350	6125,0	31882,82	200	-25757,82	-80,79
ГГ K -300	220	3850,0	31882,82	200	-28082,82	-88,08
<b>Многолетние травы I года пользования</b>						
ГГ Na-100	2900	25810,0	5941,41	200	<b>19868,59</b>	<b>334,4</b>
ГГ K-100	1500	13350,0	5941,41	200	7408,59	124,69
ГГ Na -200	3100	27590,0	10941,41	200	<b>16648,59</b>	<b>152,16</b>
ГГ K-200	1300	11570,0	10941,41	200	628,59	5,74
ГГ Na-300	2000	17800,0	15941,41	200	1858,59	11,69
ГГ K -300	2700	24030,0	15941,41	200	8088,59	50,74
<b>Многолетние травы II года пользования</b>						
ГГ Na -100	300	2670,0	2376,56	200	293,44	12,35
ГГ K-100	750	6675,0	2376,56	200	4293,44	180,65
ГГ Na -200	1200	10680,0	4376,56	200	6303,44	144,03
ГГ K-200	1100	9790,0	4376,56	200	5413,44	123,69
ГГ Na-300	2200	19580,0	6376,56	200	<b>13203,44</b>	<b>207,06</b>
ГГ K -300	2900	25810,0	6376,56	200	<b>19433,44</b>	<b>304,76</b>
<b>Озимая рожь</b>						
ГГ Na-100	247	3087,5	2376,56	200	710,94	29,91
ГГ K-100	110	1375,0	2376,56	200	-1001,56	-42,14
ГГ Na -200	374	4675,0	4376,56	200	298,44	6,82
ГГ K-200	151	1887,5	4376,56	200	-2489,06	-56,87
ГГ Na-300	502	6275,0	6376,56	200	-101,56	-1,59
ГГ K-300	295	3687,5	6376,56	200	-2689,06	-42,17
<b>Ячмень</b>						
ГГ Na-100	164	2870,0	1188,28	200	<b>1681,72</b>	<b>141,52</b>
ГГ K-100	143	2502,5	1188,28	200	<b>1314,22</b>	<b>110,59</b>
ГГ Na-200	218	3815,0	2188,28	200	1626,72	74,34
ГГ K-200	113	1977,5	2188,28	200	-210,78	-9,63
ГГ Na-300	232	4060,0	3188,28	200	871,72	27,34
ГГ K -300	101	1767,5	3188,28	200	-1420,78	-44,56

Расчеты экономической эффективности использования гидрогелей в звене полевого севооборота показали, что в первый год применения гидрогели не обеспечили получения условного чистого дохода на посевах ячменя с подсевом многолетних трав. Незначительный условный чистый доход был получен только в вариантах с небольшой ( $100 \text{ кг га}^{-1}$ ) дозой внесения гидрогеля. Это связано с высокой стоимостью гидрогеля и весьма существенными затратами на его внесение в первый год. Наибольший эффект от использования гидрогелей был достигнут на второй и третий годы после внесения. Условный чистый доход от применения гидрогеля на основе натрия на многолетних травах I года пользования составил  $16\,648,59\text{--}19\,868,59 \text{ руб. га}^{-1}$ . Условный чистый доход от использования гидрогеля на основе калия составил всего  $7408,59\text{--}8088,59 \text{ руб. га}^{-1}$ .

Таким образом, рентабельность гидрогеля на натриевой основе была выше и составила  $152,16\text{--}334,4\%$ . На многолетних травах II года пользования во всех вариантах с применением гидрогелей обоих видов отмечено увеличение условного чистого дохода, однако наибольший экономический эффект был достигнут в вариантах с высокими дозами внесения гидрогеля. Максимальный условный чистый доход был получен при использовании гидрогелей обоих видов с дозой внесения  $300 \text{ кг га}^{-1}$ :  $13203,44 \text{ руб. га}^{-1}$  (натриевый гидрогель) и  $19433,44 \text{ руб. га}^{-1}$  (гидрогель на основе калия). В остальных вариантах условный чистый доход был несколько ниже, однако рентабельность колебалась от  $123,7$  до  $180,6\%$ . На четвертый год после внесения гидрогелей отмечалось снижение их эффективности. Возможно, это связано с тем, что после многолетних трав была проведена глубокая вспашка, в результате чего гидрогель оказался в нижележащих слоях почвы. Однако даже в данном случае незначительный экономический эффект был отмечен в вариантах с применением гидрогеля на основе натрия при дозах внесения  $100 \text{ кг га}^{-1}$  и  $200 \text{ кг га}^{-1}$ . Условный чистый доход колебался от  $298,44 \text{ руб. га}^{-1}$  до  $710,94 \text{ руб. га}^{-1}$ . Последствие гидрогелей проявилось и на пятый год после применения. Условный чистый доход был получен в вариантах опыта с использованием гидрогеля на основе натрия при дозах внесения  $100 \text{ кг га}^{-1}$ ,  $200 \text{ кг га}^{-1}$  и  $300 \text{ кг га}^{-1}$  и в варианте с применением гидрогеля на основе калия при дозе внесения  $100 \text{ кг га}^{-1}$ .

Условный чистый доход от применения гидрогеля на основе натрия колебался от

$871,72 \text{ руб. га}^{-1}$  до  $1681,72 \text{ руб. га}^{-1}$ . Отмечена тенденция к снижению уровня рентабельности гидрогеля на основе натрия с увеличением дозы применения. Уровень рентабельности гидрогеля на основе натрия составил:  $141,52\%$  – при внесении в дозе  $100 \text{ кг га}^{-1}$ ;  $74,34\%$  – при дозе внесения  $200 \text{ кг га}^{-1}$ ;  $27,34\%$  – при дозе внесения  $300 \text{ кг га}^{-1}$ . Гидрогель на основе калия оказался эффективным только в варианте с дозой внесения  $100 \text{ кг га}^{-1}$ . Условный чистый доход составил  $1314,22 \text{ руб. га}^{-1}$  при уровне рентабельности  $110,59\%$ . В остальных вариантах гидрогель на основе калия не обеспечил достижения достаточного уровня экономической эффективности.

Анализ энергетической эффективности использования гидрогелей в данной работе проводился по уровню окупаемости энергетических затрат на получение прибавки урожая. При определении энергетических затрат на производство, хранение, погрузку, транспортировку и внесение гидрогелей под культуру с учетом их действия и последствий на последующие культуры севооборота  $50\%$  затрат было отнесено на первый год,  $25\%$  – на второй,  $10\%$  – на третий,  $10\%$  – на четвертый и  $5\%$  – на пятый. Энергетические затраты на производство, хранение, погрузку, транспортировку и внесение гидрогелей распределились следующим образом:

Энергозатраты при внесении гидрогеля в дозе  $100 \text{ кг га}^{-1}$  –  $15711,53 \text{ МДж га}^{-1}$ :

на 1-й год –  $50\%$  –  $7855,76 \text{ МДж га}^{-1}$ ;  
на 2-й год –  $25\%$  –  $3927,88 \text{ МДж га}^{-1}$ ;  
на 3-й год –  $10\%$  –  $1571,15 \text{ МДж га}^{-1}$ ;  
на 4-й год –  $10\%$  –  $1571,15 \text{ МДж га}^{-1}$ ;  
на 5-й год –  $5\%$  –  $785,6 \text{ МДж га}^{-1}$ .

Энергозатраты при внесении гидрогеля в дозе  $200 \text{ кг га}^{-1}$  –  $16091,53 \text{ МДж га}^{-1}$ :

на 1-й год –  $50\%$  –  $8045,76 \text{ МДж га}^{-1}$ ;  
на 2-й год –  $25\%$  –  $4022,88 \text{ МДж га}^{-1}$ ;  
на 3-й год –  $10\%$  –  $1609,15 \text{ МДж га}^{-1}$ ;  
на 4-й год –  $10\%$  –  $1609,15 \text{ МДж га}^{-1}$ ;  
на 5-й год –  $5\%$  –  $804,6 \text{ МДж га}^{-1}$ .

Энергозатраты при внесении гидрогеля в дозе  $300 \text{ кг га}^{-1}$  –  $16471,53 \text{ МДж га}^{-1}$ :

на 1-й год –  $50\%$  –  $8235,76 \text{ МДж га}^{-1}$ ;  
на 2-й год –  $25\%$  –  $4117,88 \text{ МДж га}^{-1}$ ;  
на 3-й год –  $10\%$  –  $1647,15 \text{ МДж га}^{-1}$ ;  
на 4-й год –  $10\%$  –  $1647,15 \text{ МДж га}^{-1}$ ;  
на 5-й год –  $5\%$  –  $823,6 \text{ МДж га}^{-1}$ .

В табл. 3 представлены показатели энергетической эффективности применения гидрогелей в звене полевого севооборота (2012–2016 гг.).

Таблица 3. Энергетическая эффективность применения гидрогелей в звене полевого севооборота (2012–2016 гг.)

Варианты опыта	Прибавка урожая, ц га <sup>-1</sup>	Энергозатраты на гидрогель, уборку, доработку и реализацию урожая, Дж	Содержание энергии в прибавке урожая, МДж	Удельные энергозатраты, МДж ц <sup>-1</sup>	Биоэнергетич. коэфф.
<b>Ячмень с подсевом многолетних трав</b>					
ГГ <sub>Na-100</sub>	6,9	9877,5	11385	1431	<b>1,2</b>
ГГ <sub>K-100</sub>	8,2	10258,4	13530	1251	<b>1,3</b>
ГГ <sub>Na-200</sub>	8,4	10506,9	13860	1251	<b>1,3</b>
ГГ <sub>K-200</sub>	7,3	10184,7	12045	1395	<b>1,2</b>
ГГ <sub>Na-300</sub>	3,5	9261,3	5775	2646	0,6
ГГ <sub>K-300</sub>	2,2	8880,4	3630	4036	0,4
<b>Многолетние травы I года пользования</b>					
ГГ <sub>Na-100</sub>	29,0	6973	44950	240	<b>6,4</b>
ГГ <sub>K-100</sub>	15,0	5502,9	23250	367	<b>4,2</b>
ГГ <sub>Na-200</sub>	31,0	7278	48050	235	<b>6,6</b>
ГГ <sub>K-200</sub>	13,0	5388	20150	415	<b>3,7</b>
ГГ <sub>Na-300</sub>	20,0	6217,9	31000	311	<b>5,0</b>
ГГ <sub>K-300</sub>	27,0	6953	41850	258	<b>6,0</b>
<b>Многолетние травы II года пользования</b>					
ГГ <sub>Na-100</sub>	3,0	1886,2	4650	629	<b>2,5</b>
ГГ <sub>K-100</sub>	7,5	2358,7	11625	315	<b>4,9</b>
ГГ <sub>Na-200</sub>	12,0	2869,2	18600	239	<b>6,5</b>
ГГ <sub>K-200</sub>	11,0	2764,2	17050	251	<b>6,2</b>
ГГ <sub>Na-300</sub>	22,0	3957,1	34100	180	<b>8,6</b>
ГГ <sub>K-300</sub>	29,0	4692,1	44950	162	<b>9,6</b>
<b>Озимая рожь</b>					
ГГ <sub>Na-100</sub>	2,47	2381,3	4149,6	964	<b>1,7</b>
ГГ <sub>K-100</sub>	1,1	1932	1848,0	1756	0,95
ГГ <sub>Na-200</sub>	3,74	2835,9	6283,2	758	<b>2,2</b>
ГГ <sub>K-200</sub>	1,51	2104,4	2536,8	1394	<b>1,2</b>
ГГ <sub>Na-300</sub>	5,02	3293,7	8433,6	656	<b>2,6</b>
ГГ <sub>K-300</sub>	2,95	2614,8	4956,0	886	<b>1,9</b>
<b>Ячмень</b>					
ГГ <sub>Na-100</sub>	1,64	1266,1	2706,0	772	<b>2,1</b>
ГГ <sub>K-100</sub>	1,43	1204,6	2359,5	842	<b>1,9</b>
ГГ <sub>Na-200</sub>	2,18	1443,3	3597,0	662	<b>2,5</b>
ГГ <sub>K-200</sub>	1,13	1135,7	1864,5	1005	<b>1,6</b>
ГГ <sub>Na-300</sub>	2,32	1503,4	3828,0	648	<b>2,6</b>
ГГ <sub>K-300</sub>	1,01	1119,5	1666,5	1108	<b>1,5</b>

Анализируя данные табл. 3, можно отметить, что биоэнергетический коэффициент практически во всех вариантах севооборота превышает 1,0 и даже достигает 6–9 на многолетних травах 1-го и 2-го годов пользования. Исключение составляют варианты с высокими дозами внесения гидрогелей в первый год севооборота (избыток влаги привел к снижению прибавки урожая). Таким образом, система применения гидрогелей в звене полевого севооборота энергетически оправдана, поскольку биоэнергетический коэффициент свидетельствует об эффективном использовании влаги гидрогелей.

**ВЫВОДЫ**

На основе анализа агрономической, экономической и энергетической эффективности применения гидрогелей в звене полевого севооборота можно сделать вывод, что влияние гидрогелей было наиболее эффективным на второй и третий годы после применения. Наибольшая окупаемость 1 кг гидрогеля отмечена при использовании гидрогелей обоих видов в дозе 300 кг га<sup>-1</sup> на третий год после внесения. На многолетних травах 1-го года пользования (2-й год после внесения) условный чистый доход от применения гидрогеля на основе натрия составил

16 648,59 руб. га<sup>-1</sup> (доза внесения 100 кг га<sup>-1</sup>) и 19 868,59 руб. га<sup>-1</sup> (доза внесения 200 кг га<sup>-1</sup>). Рентабельность достигла 152,2–334,4%. Показатели эффективности гидрогеля на основе калия оказались значительно ниже. Максимальный условный чистый доход был получен на многолетних травах 2-го года пользования на третий год после внесения гидрогелей в дозе 300 кг га<sup>-1</sup>: 13203,44 руб. га<sup>-1</sup> (натриевый гидрогель) и 19433,44 руб. га<sup>-1</sup> (гидрогель на основе калия). Уровень рентабельности составил 207,0–304,8%. В остальных вариантах уровень рентабельности был немного ниже и составил 123,7% (гидрогель на основе калия с дозой внесения 200 кг га<sup>-1</sup>), 144,03% (гидрогель на основе натрия с дозой внесения 200 кг га<sup>-1</sup>) и 180,7% (гидрогель на основе калия с дозой внесения 100 кг га<sup>-1</sup>). Биоэнергетический коэффициент практически во всех вариантах севооборота превышал 1,0 и даже достигал 6–9 на многолетних травах 1-го и 2-го годов пользования. Это указывает на то, что влага гидрогелей используется эффективно. В связи с этим можно утверждать, что система применения гидрогелей в звене полевого севооборота энергетически оправдана.

## Список литературы

- Агрохимия и система применения удобрений: учебно-методическое пособие / С. Ф. Шекунова и др.; под ред. И. Р. Вильдфлуша. Горки: БГСХА, 2016. 258 с.
- Данилова Т. Н., Оленченко Е. А. Оценка пролонгированного действия гидрогелей на рост, развитие и продуктивность многолетних трав // Мелиорация и водное хозяйство. 2016. № 2 С. 22–25.
- Данилова Т. Н. Влияние полимерных гелей «Ритин-10» и «В 415-К» на водообеспечение зерновых культур в условиях почвенной засухи // Агрофизика. 2018. № 1. С. 1–9. DOI: 10.25695/AGRPH.2018.01.01
- Данилова Т. Н. Влияние полимерных гелей на диапазон доступной влаги дерново-подзолистой почвы // Агрофизика. 2020. № 3. С. 17–22.
- Моисеев К. Г., Гончаров В. Д., Зинчук Е. Г., Рижия Е. Я., Бойцова Л. В., Гуринов П. Д., Старцев А. С., Пищик В. Н. База данных почвенного покрова Меньковского филиала ГНУ АФИ Россельхозакадемии (структура почвенного покрова, геоморфологическое строение, физические и геохимические свойства почв). Свидетельство о регистрации базы данных RU 2013620682. Заявка №2013620301 от 22.03.2013.
- Иванов А. И., Лekomцев П. В., Якушев В. В., Ворopaев В. В. Рекомендации по проведению технологий агрохимических, агробиологических и реабилитационных мероприятий. СПб.: ГНУ Агрофизический НИИ РАСХН, 2009. 207 с.
- Методика определения агрономической и экономической эффективности удобрений и прогнозирования урожая сельскохозяйственных культур / И. М. Богдевич и др.; БелНИИ почвоведения и агрохимии. Минск, 1988. 30 с.
- Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И. М. Богдевич и др.; Минск: РУП «Ин-т почвоведения и агрохимии». Минск, 2010. 24 с.
- Методика определения энергетической эффективности применения минеральных, органических и известковых удобрений / Г. В. Васильюк и др. Минск: БелНИИ почвоведения и агрохимии, 1996. 52 с.
- Abobatta W. Impact of hydrogel polymer in agricultural sector // *Adv Agr Environ Sci.*, 2018, v. 1(2), pp. 59–64. DOI: 10.30881/aaeo.00011

## References

- Agrohimija i sistema primenenija udobrenij: (uchebno-metodicheskoe posobie) / S. F. Shekunova i dr.; pod red. I. R. Vil'dflusha [Agrochemistry and fertilizer application system: (teaching aid)]. Gorki: BGSXA, 2016. 258 p.
- Danilova T. N., Olenchenko E. A. Otsenka prolongirovannogo deystviya gidrogeley na rost, razvitiye i produktivnost' mnogoletnikh trav [Assessment of the prolonged action of hydrogels on the growth, development and productivity of perennial grasses] // *Melioratsiya i vodnoye khozyaystvo*, 2016, no. 2, pp. 22–25.
- Danilova T. N. Vliyaniye polimernykh geley «Ritin-10» i «V 415-K» na vodoobespecheniye zernovykh kul'tur v usloviyakh pochvennoy zasukhi [Influence of polymer gels «Ritin-10» and «V 415-K» on water supply of grain crops in the conditions of soil drought] // *Agrofizika*, 2018, no. 1, pp. 1–9. DOI: 10.25695 / AGRPH.2018.01.01
- Danilova T. N. Vliyaniye polimernykh geley na diapazon dostupnoy vlagi dernovo-podzolistoy pochvy [Influence of polymer gels on the range of available moisture in sod-podzolic soil] // *Agrofizika*, 2020, no. 3, pp. 17–22.
- Moiseyev K. G., Goncharov V. D., Zinchuk E. G., Rizhiya E. Ya., Boytsova L. V., Gurin P. D., Startsev A. S., Pishchik V. N. *Baza dannykh pochvennogo pokrova Men'kovskogo filiala GNU AFI Rossel'khozakademii (struktura pochvennogo pokrova, geomorfologicheskoye stroeniye, fizicheskoye i geokhimicheskoye svoystva pochv)* [Soil cover database of the Men'kovo branch of the ARI of the Russian Agricultural Academy (soil cover structure, geomorphological structure, physical and geochemical properties of soils)]. Svidetel'stvo o registratsii bazy dannykh RU 2013620682. Zayavka № 2013620301 ot 22.03.2013.
- Ivanov A. I., Lekomtsev P. V., Yakushev V. V., Voropayev V. V. *Rekomendatsii po provedeniyu tekhnologiy agrokhimicheskikh, agrobiologicheskikh i reabilitatsionnykh meropriyatiy* [Recommendations for carrying out technologies of agrochemical, agrobiological and rehabilitation measures]. SPb.: GNU Agrofizicheskiy RI RAAS, 2009, 207 p.
- Metodika opredeleniya agronomicheskoy i ekonomicheskoy effektivnosti udobreniy i prognozirovaniya urozhaya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Methodology for determining the agronomic and economic efficiency of fertilizers and forecasting the yield of agricultural crops] / I. M. Bogdevich i dr. Minsk: BelRI Soil Science and Agrochemistry, 1988, 30 p.
- Metodika opredeleniya agronomicheskoy i ekonomicheskoy effektivnosti mineral'nykh i organicheskikh udobreniy* [Methodology for determining the agronomic and economic efficiency of mineral and organic fertilizers] / I. M. Bogdevich i dr. Minsk: RUE «Institute of Soil Science and Agrochemistry», 2010, 24 p.
- Metodika opredeleniya energeticheskoy effektivnosti primeneniya mineral'nykh, organicheskikh i izvestkovykh udobreniy* [Methods for determining the energy efficiency of the use of mineral, organic and lime fertilizers] / G. V. Vasilyuk i dr. Minsk: BelRI Soil Science and Agrochemistry, 1996, 52 p.
- Abobatta W. Impact of hydrogel polymer in agricultural sector // *Adv Agr Environ Sci.*, 2018, v. 1(2), pp. 59–64. DOI: 10.30881/aaeo.00011