

В.С. Райда, А.Е. Иваницкий, А.В. Бушков¹, О.С. Андриенко², Г.А. Толстик³

Исследование особенностей преобразования излучения солнца УФ и видимого диапазонов светокорректирующими пленками с люминофорами на основе соединений европия

*Институт химии нефти СО РАН,
¹ ОАО «Томский нефтехимический завод»,
² Институт оптики атмосферы СО РАН, г. Томск
³ Новосибирский институт органической химии СО РАН*

Поступила в редакцию 2.10.2003 г.

Исследовано изменение спектрального состава излучения солнца при прохождении через полимерные пленки с добавками фотолюминофоров на основе соединений европия, которые широко используются при выращивании растений в условиях закрытого грунта.

На основании спектров пропускания солнечного излучения светокорректирующими пленками разного состава определены количественные характеристики вклада люминесцентного излучения в области собственного люминесцентного излучения и в областях поглощения фитохромов растений. Увеличение пленками доли электромагнитного излучения красной области спектра за счет вклада люминесцентного излучения составляет менее 1% от интенсивности излучения солнца в той же области спектра или 0,001–0,01 Вт/м². Нерегулируемое изменение пропускания электромагнитного излучения пленками полиэтилена высокого давления той же области спектра за счет отражения полимерной матрицей больше на 2–3 порядка, чем увеличение за счет фотолюминесценции.

Результаты определения показателей изменения спектрального состава проходящего через исследованные пленки электромагнитного излучения не подтверждают гипотезы, объясняющие ускорение роста и развития растений под такими пленками («полисветановый» эффект) действием известных в настоящее время механизмов фоторегуляции роста растений.

Обсуждается природа «полисветанового» эффекта как пример низкоинтенсивной фотолюминесцентной биостимуляции, аналогичный низкоинтенсивной фотоиндуцированной биостимуляции под действием люминесцентного излучения светодиодов и низкоинтенсивного лазерного излучения.

Введение

Изучение спектрального состава излучения солнца, проходящего через полимерные пленки с добавками фотолюминофоров на основе соединений европия, представляет интерес в связи с их эффективным практическим применением [1]. Такие пленки, получившие название светокорректирующие, применяются для ограждения закрытого грунта при выращивании сельскохозяйственных и декоративных культур, саженцев деревьев и кустарников [1, 2]. Использование светокорректирующих пленок позволяет значительно повышать урожайность сельскохозяйственных культур, сокращать сроки роста и созревания [1–4]. Такой эффект, названный «полисветановым», до настоящего времени не получил научного обоснования.

Отсутствует единая теория, не исследованы факторы, определяющие наличие «полисветанового» эффекта. Имеющиеся в настоящее время гипотезы основаны на утверждении того, что светокорректирующие пленки поглощают значительную долю проходящего через них УФ-излучения солнца и трансформируют его в красную область спектра [3, 4].

Изменение спектрального состава излучения красной области спектра под пленками, в свою очередь, влияет на фоторегуляторную систему растений, работа которой обеспечивается фитохромами: красного (Фк) — с максимумом поглощения 660 нм и дальнего красного (Фдк) — с максимумом поглощения 720 нм. Работа системы осуществляется по принципу конкурентных фотохимических реакций и дальнейшего развития соответствующих цепей биохимических реакций, приводящих к регулированию роста и развития растений.

Однако полученные в последнее время результаты экспериментального определения поглощения проходящего через светокорректирующие пленки УФ-излучения не подтверждают таких гипотез [5, 6]. Наиболее типичные светокорректирующие пленки с добавками фотолюминофоров на основе соединений европия поглощают незначительное количество (около 1%) проходящего через них УФ-излучения солнца. Определение вклада красной люминесцентной составляющей в область фотосинтетически активной радиации солнечного излучения при этом дает показатели порядка 0,01–0,001% [7, 8]. Такой незначительный вклад люминесцентного излучения

делает маловероятным объяснение природы «поли-светанового» эффекта работой фитохромной регуляторной системы растений. Это противоречие может быть разрешено на основании экспериментального определения изменения спектрального состава электромагнитного излучения солнца, проходящего через наиболее типичные светокорректирующие пленки в областях поглощения фитохромов Фк и Фдк растений и собственного люминесцентного излучения фотолюминофоров в светокорректирующих пленках.

Методики эксперимента

Исследования проведены на примере пленок полиэтилена высокого давления (ПЭВД), модифицированных наиболее типичными для светокорректирующих пленок органическими и неорганическими фотолюминофорами на основе соединений европия.

В качестве модифицирующих добавок использованы узкополосные фотолюминофоры красного свечения: органический — на основе комплекса нитрата европия с 1,10-фенантролином (марки ФЕ) [9] и неорганические фотолюминофоры на основе оксисульфида иттрия, активированного европием (марки КС-626, ПУЛ-1, КТЦ-626) [6].

Пленки толщиной 120 мкм изготовлены путем механического смешения 0,1–3,0% мас. порошкообразных добавок фотолюминофоров с гранулами ПЭВД по технологии [10] и последующей экструзии расплава полученной композиции на экструдере с плоскощелевой головкой при температуре 170–200 °С или экструзией с раздувом в условиях по ГОСТ 16337.

Изучение особенностей фотофизических свойств пленок, связанных с введением в их состав фотолюминофоров, проведено на образцах, выбранных по толщине (120 ± 1) мкм, из партий пленок без предварительного кондиционирования.

Спектры пропускания искусственного излучения пленками получены на спектрометре «Uvicon 933», а спектры пропускания и отражения пленками солнечного излучения — на акустооптическом спектрометре «Кварц 3102В» в ясную солнечную погоду по методике [7].

Результаты и обсуждение

Количественные характеристики изменения спектрального состава электромагнитного излучения могут быть определены на основании спектров пропускания солнечного излучения светокорректирующими пленками в максимумах собственного люминесцентного излучения и максимумах поглощения фитохромов растений и в спектральных областях, определенных по ширине полос на полувысоте. Определенные таким образом интервалы поглощения для фитохромов по данным [11] составляют: для Фк — 620–680 нм (максимум при 660 нм) и для Фдк — 675–750 нм (максимум при 720 нм). За области собственного люминесцентного излучения фотолюминофоров в светокорректирующих пленках

приняты интервалы, равные ширине у основания основных полос в их спектрах флуоресценции, полученных с использованием искусственных источников возбуждающего УФ-излучения [6, 7]. Для органических фотолюминофоров такой интервал составляет 610–630 нм (максимум при 617 нм), для неорганических 620–650 нм (максимум при 626 нм).

Спектры пропускания солнечного излучения видимой области спектра светокорректирующими пленками с добавками органических и неорганических фотолюминофоров показывают увеличение отражения ими электромагнитного излучения при введении фотолюминофоров во всем диапазоне длин волн (рис. 1, 2).

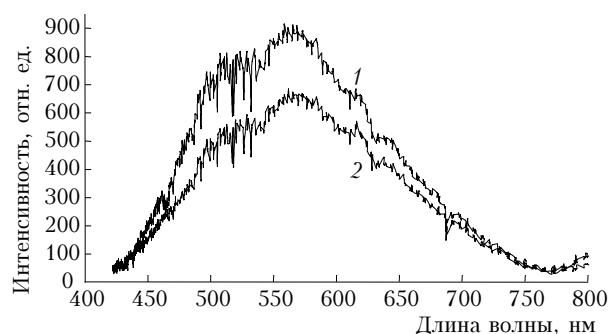


Рис. 1. Не исправленные по спектральной чувствительности фотоприемника спектры солнечного излучения (кривая 1) и прошедшего через пленку, с содержанием 1% мас. ФЕ (2)

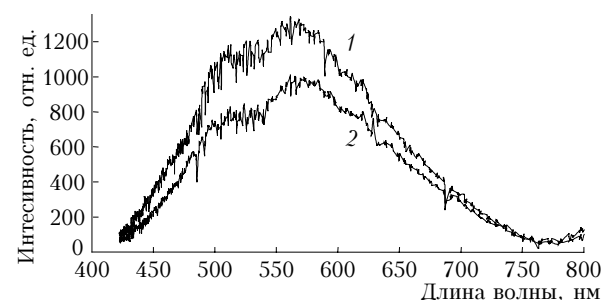


Рис. 2. Не исправленные по спектральной чувствительности фотоприемника спектры солнечного излучения (кривая 1) и прошедшего через пленку с добавкой 5% мас. КТЦ-626 (2)

На фоне линейчатого спектра пропускания пленками солнечного излучения полосы собственного люминесцентного излучения могут быть достаточно достоверно зафиксированы не для всех образцов светокорректирующих пленок. Крайне малая интенсивность позволяет определить параметры люминесцентного излучения лишь для пленок с содержанием люминофоров: органических около 0,05% мас. и неорганических около 0,5% мас., что в 2–5 раз превышает их типичное содержание в применяющихся на практике пленках. При меньшем содержании в светокорректирующих пленках исследованных фотолюминофоров полоса, соответствующая их собственному люминесцентному излучению, мала по интенсивности и не может быть использована для достоверных количественных расчетов.

Результаты определения по полученным спектрам интенсивности пропускаемого пленками электромагнитного излучения солнца в максимумах люминесцентного излучения 617, 626 нм и максимумах поглощения фитохрома 660, 720 нм представлены в табл. 1, 2.

Результаты (табл. 1,2) показывают, что введение в состав пленок фотолюминофоров приводит к уменьшению пропускания электромагнитного излучения солнца по сравнению с немодифицированными пленками на длинах волн, соответствующих максимумам поглощения фитохромов и максимумам в спектрах люминесценции фотолюминофоров. Величина уменьшения пропускания определяется природой фотолюминофоров и их содержанием в композициях. Так, при введении в пленку ПЭВД 0,05–2,0% мас. люминофора ФЕ наблюдается уменьшение пропускания солнечного излучения для всех выбранных длин волн от 1,7 до 24,1% по отношению к аналогичным показателям немодифицированных пленок ПЭВД. Изменения показателей того же порядка наблюдаются и для пленок с добавками неорганических люминофоров (см. табл. 2).

Такое уменьшение пропускания закономерно и связано с дополнительным отражением и рассеянием электромагнитного излучения дисперсными частицами добавок фотолюминофоров светокорректирующих пленок по сравнению с немодифицированными пленками из того же материала. Однако эти закономерные изменения могут быть обнаружены

только при сравнении свойств пленок, изготовленных из одной партии базового ПЭВД, на одном и том же оборудовании, в строго одинаковых условиях. Использование ПЭВД разных базовых марок, разных партий одной и той же базовой марки или изменение режимов экструзии при изготовлении пленок приводят к получению даже для немодифицированных пленок ПЭВД существенно различающихся величин пропускания электромагнитного излучения (образцы № 1, 5, 7 в табл. 1 и № 1 в табл. 2). Значительное различие величин показателей отражения и рассеяния электромагнитного излучения характерно для пленок ПЭВД, являющегося кристаллическим полимером [12].

Степень кристалличности материала, форма и расположение кристаллов, состояние поверхности пленок оказывают большое влияние на их оптические свойства и определяются, в свою очередь, особенностями технологии получения полимера и переработки его в пленку. Значительное влияние на определяемые показатели может оказывать также наличие в материале пленок посторонних механических включений и примесей, попадающих в процессе получения и переработки полимера. Нормируемые ГОСТ 16337 показатели содержания таких включений в пленках ПЭВД близки по величине к типичному содержанию добавок фотолюминофоров в светокорректирующих пленках (от нескольких сотых долей до 0,2% мас. от полимера).

Таблица 1

Результаты определения величин пропускания светокорректирующими пленками с добавками люминофора ФЕ электромагнитного излучения солнца

№ образца	Содержание люминофора ФЕ, % мас.	Пропускание пленками излучения, %, на длинах волн, нм			Уменьшение пропускания пленками излучения за счет введения люминофора, %, на длинах волн, нм			Вклад люминесцентного излучения, %, нм
		617	660	720	617	660	720	
1	нет	78,8	80,5	81,0	—	—	—	нет
2	0,05	75,0	78,8	78,6	3,8	1,7	2,4	0,9
3	0,3	70,8	70,1	67,8	8,0	10,4	13,2	1,8
4	0,5	60,8	66,2	62,8	18,0	14,3	18,2	3,8
5	нет	85,8	90,1	90,4	—	—	—	нет
6	0,5	73,6	76,1	76,2	12,2	14,0	14,2	6,2
7*	нет	90,9	91,9	90,1	—	—	—	нет
8*	0,5	79,4	78,9	76,9	11,5	13,0	14,8	5,8
9*	1,0	86,2	84,9	81,8	4,7	7,0	8,3	9,5
10*	2,0	66,8	69,1	68,6	24,1	23,8	21,5	9,5

* Пленка изготовлена на экструдере с плоскощелевой головкой.

Таблица 2

Результаты определения величин пропускания светокорректирующими пленками ПЭВД с добавками неорганических люминофоров излучения солнца

№ образца	Люминофор		Пропускание пленками солнечного излучения, %, на длине волны, нм			Уменьшение пропускания пленками солнечного излучения за счет введения люминофора, %, на длине волны, нм			Вклад люминесцентного излучения, %, нм
	Марка	Содержание, % мас.	626	660	720	626	660	720	
1	—	нет	86,9	87,0	87,1	—	—	—	нет
2	КС-626	0,5	76,5	77,2	76,7	10,4	9,8	10,4	2,5
3		2,0	68,1	69,6	70,1	18,8	17,4	17,0	3,1
4	ПУЛ-1	0,5	82,0	80,2	82,1	4,9	6,8	5,0	1,6
5		2,0	70,1	67,1	68,1	16,8	19,9	19,0	3,0

В связи с этим систематическое изучение влияния добавок фотолюминофоров на пропускание электромагнитного излучения путем измерения абсолютных значений показателей широкого круга разных по предыстории светокорректирующих пленок практически невозможно даже при использовании методик со строго стандартизованными условиями, с искусственными источниками света, с постоянными параметрами спектральной энергетической яркости. Типичным подходом решения таких задач является определение закономерных изменений показателей пропускания на сериях образцов пленок, изготовленных каждая по одной технологии в одинаковых условиях из ПЭВД одной базовой марки и различающихся только количеством модифицирующих добавок. Сравнение показателей пропускания света для разных серий образцов светокорректирующих пленок, различающихся по указанным выше параметрам, позволяет оценить величину закономерных изменений за счет введения добавок на фоне типичного для класса материалов интервала изменений показателей.

Типичные изменения показателей пропускания излучения на использованных длинах волн за счет многочисленных и неконтролируемых параметров, не связанных с введением добавок фотолюминофоров, составляют для одинаковых пленок ПЭВД разных серий $\pm 5\%$ от номинального значения (образцы № 1, 5, 7 в табл. 1, № 1 в табл. 2). В то же время закономерные изменения коэффициентов пропускания пленками электромагнитного излучения тех же длин волн, определяющиеся введением в их состав дисперсных добавок фотолюминофоров, значительно меньше (см. табл. 1, 2). Закономерные изменения, превосходящие указанные величины изменений порядка 10%, наблюдаются для пленок с содержанием добавок фотолюминофора ФЕ 1–2% мас., что в 10 раз превышает содержание, типичное для применяющихся на практике светокорректирующих пленок. При этом изменения пропускания светокорректирующими пленками ПЭВД электромагнитного излучения на длинах волн, соответствующих максимумам в спектрах люминесценции фотолюми-

нофоров, за счет собственного люминесцентного излучения значительно меньше, чем за счет его отражения и рассеяния (см. табл. 1,2).

Следует отметить разную направленность эффектов. Если наличие люминесцентного излучения приводит к увеличению интенсивности электромагнитного излучения в красной области спектра, то его отражение — к уменьшению. Введение в состав пленок ПЭВД дисперсных добавок использованных фотолюминофоров в типичном для светокорректирующих пленок количестве 0,02–0,2% мас. приводит к суммарному уменьшению интенсивности электромагнитного излучения за счет его отражения и рассеяния, а не к увеличению за счет люминесцентной составляющей даже в области длин волн, соответствующих максимумам в их спектрах люминесценции. При этом интегральные изменения пропускания не выходят за рамки интервала значений показателей, типичного для немодифицированных пленок исходного материала — ПЭВД.

Более детальная информация о возможности влияния люминесцентного излучения красной области спектра на работу системы фитохромов растений может быть получена путем определения изменений пропускания электромагнитного излучения солнца, проходящего через светокорректирующие пленки в областях собственного поглощения фитохромов растений и собственного люминесцентного излучения фотолюминофоров (табл. 3, 4). Определение показателей также проведено путем сравнения свойств модифицированных фотолюминофорами пленок с одноименными свойствами немодифицированных пленок ПЭВД на отдельных сериях.

Изменение пропускания электромагнитного излучения в указанных областях подчиняется в целом описанным выше закономерностям. При добавлении в пленки ПЭВД 0,05–2,0% мас. органического люминофора наблюдается закономерное уменьшение пропускания солнечного электромагнитного излучения в области люминесценции на 4–29% по сравнению с немодифицированной пленкой ПЭВД, в области 620–680 нм на 1,5–24%, в области 675–750 нм на 3,8–21% (см. табл. 3).

Таблица 3

Результаты определения величин пропускания светокорректирующими пленками с добавками люминофора ФЕ электромагнитного излучения солнца

№ образца	Содержание люминофора, % мас.	Пропускание пленками излучения, %, в областях, нм			Уменьшение пропускания пленками излучения при введении люминофора, %, в областях, нм			Вклад люминесцентного излучения, %, в области, нм
		610–630	620–680	675–750	610–630	620–680	675–750	
1	нет	82,3	84,6	85,3	0,0	0,0	0,0	нет
2	0,05	78,4	83,1	81,1	3,9	1,5	3,8	0,056
3	0,3	72,4	77,3	74,9	9,9	7,3	10,4	0,096
4	0,5	64,2	72,5	69,1	18,1	12,1	16,2	0,62
5	нет	86,7	91,3	92,8	0,0	0,0	0,0	нет
6	0,5	74,5	78,2	78,9	12,2	13,1	13,9	0,52
7	нет	90,3	89,1	88,5	0,0	0,0	0,0	нет
8	0,5*	77,4	77,2	75,0	12,9	11,9	12,5	0,51
9	1,0*	81,6	82,3	81,8	8,7	6,8	6,7	1,03
10	2,0*	61,1	64,4	67,9	29,2	24,7	21,4	0,93

* Пленка получена на экструдере с плоскощелевой головкой.

Таблица 4

Результаты определения вклада люминесцентного излучения в проходящее через пленки с добавками неорганических люминофоров солнечное излучение

№ образца	Люминофор		Пропускание пленками солнечного излучения, %, в областях, нм			Уменьшение пропускания пленками солнечного излучения при введении люминофора, %, в областях, нм			Вклад люминесцентного излучения, %, в области, нм
	Марка	Содержание, % мас.	620–650	620–680	675–750	620–650	620–680	675–750	620–650
1	–	нет	90,3	90,1	88,5	нет	нет	нет	нет
2	КС-626	0,5	77,4	76,7	76,7	12,9	12,4	11,8	0,12
3		2,0	67,4	68,6	68,6	22,9	20,5	19,9	0,18
4	ПУЛ-1	0,5	81,1	81,4	83,2	9,2	7,7	5,3	0,092
5		2,0	69,2	68,6	67,4	21,1	20,5	21,1	0,14

При этом изменения за счет вклада люминесцентного излучения составляют от 0,056 до 1,03%, что на 2–3 порядка меньше изменения пропускания пленками за счет отражения и рассеяния. Для пленок с добавкой 0,5–2,0% мас. неорганических люминофоров в области собственного люминесцентного излучения 620–650 нм наблюдается уменьшение пропускания на 12–22% (образцы № 2, 3 в табл. 4) для люминофора КС-626 и на 9–21 для люминофора ПУЛ-1 (образцы № 4, 5 в табл. 4). Увеличение пропускания за счет вклада люминесцентного излучения в красную область спектра составляет при этом 0,092–0,18%, что также на 2–3 порядка меньше, чем уменьшение пропускания в тех же областях спектра за счет отражения и рассеяния, в том числе и в области длин волн, соответствующих интервалу люминесцентного излучения фотолюми-

нофоров. Интегральные изменения пропускания в исследованных областях для пленок с типичным содержанием добавок также не выходят за рамки значений показателей не модифицированных пленок исходного материала – ПЭВД.

Полученные значения изменения пропускания электромагнитного излучения за счет люминесцентной составляющей в процентах от проходящего через пленки излучения красной области спектра позволяют проводить количественный расчет изменения интенсивности проходящего через пленки электромагнитного излучения солнца красной области спектра для конкретных радиационных условий. В табл. 5, 6 приведены примеры результатов такого расчета, проведенного на основании типичных для региона г. Томска спектральных характеристик излучения солнца.

Таблица 5

Результаты расчета вклада люминесцентного излучения в проходящее через пленки с добавками люминофора ФЕ солнечное излучение (для различной интенсивности солнечного излучения в области 400–800 нм)

№ образца	Содержание люминофора, % мас.	Интенсивность проходящего через пленки солнечного излучения, Вт/м ² , в областях, нм			Интенсивность люминесцентного излучения, Вт/м ²
		610–630	620–680	675–750	
<i>168 Вт/м²</i>					
1	нет	9,4	17,3	7,7	–
2	0,05	8,9	17,0	7,4	0,005
3	0,3	8,3	15,8	6,8	0,008
4	0,5	7,3	14,8	6,5	0,05
<i>215 Вт/м²</i>					
5	0,5*	11,0	22,1	9,9	0,057
6	0,5*	11,4	21,8	9,5	0,06
7	2,0*	9,0	18,2	8,6	0,18
<i>223 Вт/м²</i>					
8	0,5*	12,5	23,2	12,0	0,063
9	2,0*	9,9	19,3	10,8	0,092

* Пленки получены на экструдере с плоскощелевой головкой.

Таблица 6

Результаты расчета вклада люминесцентного излучения в проходящее через пленки солнечное излучение (для интенсивности в области 400–800 нм, равной 222 Вт/м²)

№ образца	Люминофор		Интенсивность проходящего через пленки солнечного излучения, Вт/м ² , в областях, нм			Интенсивность люминесцентного излучения, Вт/м ²
	Марка	Содержание, % мас.	620–650	620–680	675–750	
1	КС-626	0,5	13,9	23,0	12,3	0,016
2		2,0	12,1	20,6	11,0	0,021
3	ПУЛ-1	0,5	14,6	24,4	13,3	0,013
4		2,0	12,4	20,6	10,8	0,017

Расчет проведен путем отнесения площадей спектра для отдельных спектральных областей к общей площади спектра, соответствующей конкретной интенсивности излучения солнца, измеренной в условиях его получения.

Приведенные результаты (см. табл. 5, 6) показывают, что типичный для пленок ПЭВД интервал случайных, неконтролируемых изменений интенсивности проходящего через светокорректирующие пленки излучения солнца за счет его отражения и рассеяния в областях поглощения фитохромами растений составляет около 10 Вт/м^2 . Закономерные изменения интенсивности излучения красной области спектра за счет вклада вторичного люминесцентного излучения фотолуминофоров в пленках, определенные даже для максимальной интенсивности солнечного УФ-излучения в полуденное время, при этом на 2–4 порядка меньше. Закономерные изменения, полученные для типичных в практическом применении светокорректирующих пленок, не выходят за рамки интервала изменений одноименных показателей немодифицированных пленок из базового материала – ПЭВД. Таким образом, закономерных интегральных изменений спектрального состава излучения солнца красной области спектра, проходящего через типичные светокорректирующие пленки ПЭВД с дисперсными добавками фотолуминофоров на основе соединений европия, не обнаружено.

Заключение

Введение в состав пленок ПЭВД фотолуминофоров в количестве десятых долей процента приводит к проявлению ими фотолуминесцентных свойств и способности генерировать под действием излучения солнца вторичное люминесцентное излучение, интенсивность которого определяется типом и содержанием фотолуминофора, конкретными условиями снятия спектров и составляет от 0,1 до $0,005 \text{ Вт/м}^2$. Такие изменения интенсивности красной области спектра меньше на 2–4 порядка типичных для немодифицированных пленок ПЭВД изменений интенсивности излучения той же области спектра за счет отражения и рассеяния. Интегральные изменения спектрального состава электромагнитного излучения солнца не выходят за рамки типичного для пленок ПЭВД интервала изменений показателей.

Такие изменения спектрального состава электромагнитного излучения солнца не дают оснований для объяснения природы «полисветанового» эффекта работой фитохромной системы фоторегуляции растений при изменении в красной области спектра под светокорректирующими пленками за счет люминесцентной составляющей. Полученные результаты не дают также основания для использования при объяснении природы «полисветанового» эффекта положений современной теории фитохромной фоторегуляции роста и развития растений в целом.

Опыт широкого использования таких пленок ПЭВД разных базовых марок и способов производства для ограждения закрытого грунта в сельском хозяйстве в течение уже десятков лет убедительно показывает, что реализация описанных выше изменений спектрального состава электромагнитного излучения не сопровождается такими значительными эффектами физиологического влияния на растения, как в «полисветановом» эффекте. Наблюдаемый под светокорректирующими пленками ПЭВД «полисветановый» эффект определяется наличием фотолуминесцентного излучения с интенсивностью от нескольких сотых до нескольких тысячных долей Вт/м^2 . Он может быть квалифицирован как вариант низкоинтенсивной фотолуминесцентной биоактивации, аналогичный по принципу реализации широко известной в настоящее время низкоинтенсивной фотоиндуцированной биоактивации электролюминесцентным излучением красной области спектра светодиодов и низкоинтенсивным лазерным излучением [13].

1. Райда В.С., Толстиков Г.А. Проблемы и перспективы производства и применения фотолуминесцирующих полимерных пленок // Мир теплиц. 2001. № 7. С. 62–64.
2. Kusnetsov S.I., Leplianin G.V. «Polisvetan», a high performance material for cladding greenhouses // Plasticsulture. 1989. V. 3. № 3. P. 13–20.
3. Карасев В.Е. Полисветаны – новые полимерные светотрансформирующие материалы для сельского хозяйства // Вестн. Дальневост. отделения РАН. 1995. № 2. С. 66–73.
4. Шелоков Р.Н. Полисветаны и полисветановый эффект // Изв. РАН. Сер. хим. № 6. 1996. С. 50–55.
5. Райда В.С., Коваль Е.О., Минич А.С., Акимов А.В., Толстиков Г.А. Поглощение УФ-излучения полиэтиленовыми пленками с добавками фотолуминофоров на основе соединений европия // Пласт. массы. 2001. № 3. С. 31–32.
6. Райда В.С., Иваницкий А.Е., Коваль Е.О., Калайда В.Т., Петренко Т.В., Толстиков Г.А. Особенности фотофизических свойств светокорректирующих пленок ПЭВД с неорганическими фотолуминофорами // Пласт. массы. 2002. № 12. С. 39–43.
7. Райда В.С., Коваль Е.О., Иваницкий А.Е., Андриенко О.С., Толстиков Г.А. Особенности люминесцентных свойств полиэтиленовых пленок с добавками фотолуминофоров на основе соединений европия // Пласт. массы. 2001. № 12. С. 39–41.
8. Райда В.С., Иваницкий А.Е., Майер Э.А., Толстиков Г.А. Особенности пропускания света светокорректирующими пленками ПЭВД с люминофорами на основе комплексных соединений европия // Пласт. массы. 2002. № 12. С. 35–39.
9. Полимерная композиция: Пат. 2178429 Россия, МПК 7 С 08 J 23/04. Минич А.С., Райда В.С., Майер Э.А. Заявл. 05.04.1999; Опубл. 20.01.2002.
10. Райда В.С., Минич А.С., Терентьев В.А., Майер Э.А., Коваль Е.О. Технология производства светокорректирующих полиэтиленовых пленок для сельского хозяйства // Хим. пром-сть. 1999. № 10. С. 56–58.
11. Кузнецов Е.Д., Сечняк Л.К., Киндрук Н.А., Слюсаренко О.К. Роль фитохрома в растениях. М.: Агропромиздат, 1986. 288 с.

12. *Сперанская Т.А., Тарутина Л.И.* Оптические свойства полимеров. Л.: Химия, 1976. 140 с.
13. *Кару Т.И.* Фотобиология низкоинтенсивной лазерной

терапии // Итоги науки и техники. Сер. Физ. основы лазерной технологии. М.: ВИНТИ, 1989. Т. 4. С. 44–84.

V.S. Raida, A.E. Ivanitskii, A.V. Bushkov, O.S. Andrienko, G.A. Tolstikov. Investigation of peculiarities in conversion of the UV and visible sunlight by light transforming films with luminophores based on europium compounds.

It is studied how the sunlight is converted when propagating through polymer films with photoluminophore additions based on europium compounds that are widely used as greenhouse poly films.

From the spectra of sunlight transmission by various-composition light transforming films, the contribution of luminescent radiation in the regions of natural luminescent emission and absorption of plant phytochromes is quantitatively determined. The increase of the fraction of electromagnetic radiation in the red spectral region by the films due to luminescent radiation is found to be less than 1% of the sunlight intensity in the same spectral region or 0.001–0.01 W/m. Noncontrolled change in the transmittance of electromagnetic radiation by high-pressure polyethylene films in the same spectral region due to reflection by the polymer matrix is two to three orders of magnitude greater than that due to photoluminescence.

The determined indices of change in the spectral composition of the electromagnetic radiation transmitted through the films do not confirm the hypotheses explaining the faster growth and development of plants under such films (polysvetan effect) by the currently known mechanisms of photoregulation of the plant growth.

The explanation of the polysvetan effect as an example of the low-energy photoluminescent biostimulation similar to the low-energy photoinduced biostimulation under the exposure to LED luminescent radiation and low-energy laser radiation is discussed.