

Видно, что снижение эффективности катализатора становится значительно менее выражено при уменьшении скорости потока в реакторе, что вероятно связано с пористой структурой отложений на катализаторе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Было изучено окисление карбоновых кислот, нефтепродуктов и комплексов ЭДТА при различных условиях эксперимента.

При сравнении результатов исследования можно заметить, что карбоновые кислоты

действительно самые трудноокисляемые вещества. Получено что на окисление нефтепродуктов оказывает значительное влияние количество кислорода и температура. При введении различных катализаторов, наилучшим из них оказалась медь. Для всех исследованных веществ кинетика реакции соответствовала зависимости первого порядка.

Метод ЖФО позволяет достаточно полно разрушить комплексы ЭДТА-Со и может быть применен для очистки кубовых остатков АЭС от радионуклидов.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ГРЕЧИХИ НА ЗАГРЯЗНЕННОЙ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ СРЕДЕ

С.В. Рейзвих, А.Л. Верещагин

Исследовано влияние стимуляторов роста: хитозана, гуминовых и фульвиновых кислот на ростовые характеристики гречихи сорта Наташа, выращенной на грунте, искусственно загрязненном нитратами свинца и кадмия. Выявлена способность стимуляторов роста снижать фитотоксическое действие этих тяжелых металлов.

ВВЕДЕНИЕ

Тяжелые металлы (ТМ) относятся к числу наиболее распространенных и опасных для биоты загрязнителей окружающей среды. Известно, что растительные организмы чувствительны к состоянию окружающей среды и активно реагируют на ее изменение. Уровень ТМ, токсичный для разных видов и сортов культурных растений, существенно различается. Особенно существенны токсические эффекты ТМ на культурные растения, поскольку вблизи крупных городов приходится культивировать растения в условиях загрязнения, а самоочищение почв практически не происходит или скорость его чрезвычайно низка. Это диктует необходимость изучения путей поступления ТМ в почву и растения, роли каждого элемента и их взаимодействия в растительном организме, исследования ответных реакций растений различных видов на действие ТМ, а также изучение путей смягчения "металлического пресса". [1]

Свинец и кадмий распространены практически повсеместно. Они высокотоксичны – отнесены к 1-му классу опасности.

Кадмий является одним из наиболее приоритетных элементов-токсикантов. Ионы кадмия обладают большой подвижностью в почвах, легко транслоцируются в растения. [2]

Массовая доля кадмия в почвах варьируется в широких пределах. Среднее содержание кадмия в почвах находится в диапазоне от 0,07 до 1,1 мг/кг, при этом фоновые уровни кадмия в почвах не превосходят 0,5 мг/кг, более высокие значения свидетельствуют об антропогенном вкладе в содержание кадмия в верхнем слое почвы. [2]

ПДК кадмия для почв, по Кюке оценивается в 3 мг/кг. [2] А.И. Обухов и Л.И. Ефремова предлагают ПДК кадмия 1 – 10 мг/кг, в зависимости от уровня загрязнения почв. [3]

Кадмий не является физиологически важным элементом для растений, которые, однако, легко его поглощают. В растениях кадмий подавляет образование хлорофилла,

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ГРЕЧИХИ НА ЗАГРЯЗНЕННОЙ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ СРЕДЕ

тормозит фотосинтез, нарушает транспирацию. [2]

Загрязненные растения могут содержать до 400 мг/кг кадмия и более. В противоположность другим минеральным элементам кадмий может накапливаться в относительно больших количествах в генеративных органах.

В Алтайском крае особенно неблагоприятная обстановка по кадмию складывается в Рубцовском районе, где содержание кадмия в 2,45 раза больше медианного фонового значения. [4]

На загрязнение почв свинцом растения реагируют по-разному. Для некоторых характерна устойчивость. Так, из сельскохозяйственных культур толерантностью к свинцу отличаются кукуруза, овес, огурцы, из трав – костер безостый, овсяница луговая. У других растений под действием свинца появляются признаки угнетения. Это – свекла, морковь, репа, горох. [5]

Свинец относительно слабо поглощается растениями. По результатам исследований специалистов МГУ, с урожаем зерновых свинца выносятся 3 – 4 г/га; с урожаем картофеля и кормовой свеклы – 6 – 10 г/га. [5]

В растения попадает 0,003 – 0,005% всего свинца почвы. [6] Поступление свинца в растения зависит от его массовой доли в почве и от его доступности для растений.

Кларк металла в незагрязненных почвах равен 5 – 10 мг/кг. [6]

Среднее содержание свинца в пахотном слое почв различного механического состава Северо-запада России варьирует от 17,4 до 21,1 мг/кг. [2]

Проблема охраны окружающей среды в результате ее загрязнения ТМ актуальна в связи с возрастающим воздействием на природу различных отраслей промышленности, прежде всего горно-рудной.

Юго-западная часть Алтайского края относится к таким территориям, где имеется и разрабатывается ряд полиметаллических месторождений. Экологически неблагоприятная ситуация сложилась в Локтевском районе Алтайского края, где длительное время велась эксплуатация Золотушинского рудника. В 1981 г. на базе Золотушинского рудоуправления был образован Алтайский горно-обогатительный комбинат (АГОК). Добыча руды, ее транспортировка, производство полиметаллических концентратов и хранение отходов (хвостохранилища) сопровождалось активным загрязнением окружающей среды ТМ. В настоящее время АГОК прекратил свое

существование. Однако хвостохранилища продолжают оставаться довольно серьезными источниками загрязнения территории: в состав отходов процесса обогащения входят такие токсические элементы как свинец, кадмий, цинк и другие. Частые сильные ветры, характерные для этой степной местности, способствуют активному пылению, что сопровождается загрязнением прилегающих территорий. [2]

Хитозан в настоящее время рассматривается как регулятор различных физиологических реакций высших растений. Установлено, что хитозан индуцирует эффективные защитные реакции в растениях, включая индукцию фитоалексинов, синтез защитных белков, лигнификацию и др. Хитозан может контролировать развитие болезней, возбудителями которых являются патогенные грибы.

Хитозан является линейным полимером. Его химическое название – 2-диокси-2-амино-D-глюкоза, или D-глюкозамин. В этом полимере звенья между собой соединены 1,4-гликозидными связями, формируя длинную цепочку линейного полимера. Степень его полимеризации составляет 2000...4000 главных единиц.

Хитин и хитозан содержат несколько функциональных групп - гидроксильные, карбинольные, амино-, ацетиламидные группы и кислородные мостики, поэтому механизм сорбции тяжелых металлов этими полимерами имеет довольно сложный характер. В зависимости от условий он может включать комплексообразование, ионный обмен и поверхностную адсорбцию, однако большинство исследователей в последнее время склоняются к тому, что чаще всего преобладает хелатное комплексообразование, обусловленное высокой электродонорной способностью атомов азота и кислорода. Благодаря этому хитиновые сорбенты обладают удивительно широким спектром сорбируемых элементов. Практически это ионы всех металлов, за исключением щелочных и щелочно-земельных. При этом хитозан в большинстве случаев является более эффективным сорбентом, чем хитин, и по своей хелатирующей способности не уступает хорошо известной смоле Дауэкс-1. [7]

Хитиновые сорбенты могут успешно применяться для очистки водных растворов от самых различных загрязнений: практически от всех ТМ, многих радионуклидов, бактерий, многих органических примесей, пестицидов и других соединений. Они могут быть использованы для очистки питьевой воды,

сточных вод различных производств, технологических растворов и других жидких систем. В последние годы найдены технические решения для очистки шламов, донных отложений и почв с использованием хитиновых материалов. По ряду технологических показателей сорбенты на основе хитина и его производных превосходят многие другие известные сорбенты. [7]

Высокие сорбционные характеристики, низкая зольность и постоянно снижающиеся цены на хитин и хитозан позволяют высоко оценивать возможности использования этих сорбентов. [7]

Гуминовые вещества – это широко распространенные органические углеродсодержащие соединения, образующиеся в результате сложных биохимических процессов разложения флоры и фауны под действием микроорганизмов, влаги и атмосферного кислорода. Они представляют группу высокомолекулярных соединений, имеющих широкий диапазон молекулярных весов. Гуминовые вещества подразделяются в соответствии с их растворимостью и включают гуминовые кислоты, фульвиновые кислоты, гематомелановые кислоты и гумин.

Гуминовые вещества увеличивают содержание хлорофилла в листьях растений, оказывают влияние на процессы фотосинтеза; воздействуют на механизмы гормональной регуляции, т.к. содержат в своем составе некоторые фитогормоны, а также увеличивают проницаемость клеточных мембран, улучшая транспорт питательных веществ и продуктов метаболизма.

Действие гуминовых стимуляторов на растение многогранно. Гуминовые вещества ускоряют обменные процессы в растениях, увеличивают скорость образования белков и, прежде всего белков-ферментов, влияют на баланс азота в тканях.

Возрастает интерес и к процессам комплексообразования гуминовых и фульвиновых кислот с ионами металлов. Это обусловлено участием этих кислот во многих биологических, биохимических и геохимических процессах, которые реализуются посредством взаимодействия с минеральными элементами. Так, например, реакции гуминовых кислот с соединениями металлов являются обязательным и основным звеном почвообразовательного процесса. Взаимодействие гуминовых кислот с минеральными элементами почв приводит к формированию своеобразного «депо» биоэлементов, регулирующего режим питания растений в зависи-

мости от условий окружающей среды. Образование комплексов с гуминовыми кислотами играет важную роль в процессах миграции и доставки биогенных металлов в биологические системы.

Гуминовые и фульвиновые кислоты наряду с другими потенциальными лигандами природного происхождения могут играть определенную роль в загрязнении окружающей среды различными токсическими элементами. [9]

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Опыты заключались в выращивании растений на искусственно загрязненном песчаном грунте.

При подготовке к опытам кварцевый песок промывали проточной водой, просушивали и прокаливали. В качестве вегетационных сосудов использовались пластиковые контейнеры размером 0,14 × 0,22 × 0,02 м.

Каждый контейнер набивался одинаковым количеством подготовленного для опыта песка (0,4 кг/контейнер). Для посева отбиралась средняя проба семян гречихи районированного сорта Наташа. Семена высевались на глубину 1 см из расчета 2000 семян на 1 м² (60 семян на 1 контейнер). Расстояние между семенами составляло около 2 см. Песок в контейнерах обрабатывался водными растворами с соответствующей массовой долей ионов азотнокислого кадмия или свинца: ПДК, 2ПДК, 4ПДК, 8ПДК. ПДК свинца в почве составляет 20 мг/кг, кадмия – 3 мг/кг.

Параллельно ставился эксперимент с применением помимо нитратов металлов стимуляторов роста и развития растений: хитозана (Хз), гуминовых (ГК) и фульвиновых (ФК) кислот.

Гуминовые и фульвиновые кислоты были получены экстрагированием из торфа, согласно методике Орлова Д.С. (1961). Хитозан был получен деацетилированием хитина панциря рачков *Gammarus Lacustris*. [7] Стимуляторы роста использовались в общепринятых массовых долях (в виде 0,01 % водных растворов). В контрольном варианте (К) для обработки грунта использовалась только вода.

Опыты закладывались в трехкратной повторности. В течение опыта велись фенологические наблюдения. Систематически измерялась высота стебля от основания до верхушечной почки.

По истечении 30 дней вегетации, растения извлекались из песка. При ликвидации опыта оценивалось количество растений,

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ГРЕЧИХИ
НА ЗАГРЯЗНЕННОЙ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ СРЕДЕ**

измерялась длина надземной и корневой частей растений, определялась масса воздушно-сухого растительного материала.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты эксперимента представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Влияние $Pb(NO_3)_2$ и стимуляторов роста на ростовые характеристики гречихи сорта «Наташа»

Вариант	Количество растений, шт/м ²	Длина растений, см		Воздушно-сухая масса растений, г	
		надземной части	корневой части	надземной части	корневой части
1	2	3	4	5	6
Контроль	1282	10,9	7,0	0,0128	0,0028
Гк	1319	10,7	6,0	0,0127	0,0032
ФК	1575	11,3	7,0	0,0131	0,0027
Хз	1832	13,1	7,2	0,0138	0,0029
$Pb(NO_3)_2$, ПДК	293	11,0	4,9	0,0116	0,0023
$Pb(NO_3)_2$, 2ПДК	293	10,0	7,3	0,0128	0,0023
$Pb(NO_3)_2$, 4ПДК	366	11,5	6,0	0,0116	0,0031
$Pb(NO_3)_2$, 8ПДК	586	8,3	6,8	0,0136	0,0032
$Pb(NO_3)_2$, ПДК+ГК	1575	11,6	6,0	0,0153	0,0031
$Pb(NO_3)_2$, 2ПДК+ГК	879	10,9	5,3	0,0156	0,0041
$Pb(NO_3)_2$, 4ПДК+ГК	1319	13,6	6,7	0,0146	0,0032
$Pb(NO_3)_2$, 8ПДК+ГК	659	10,2	5,3	0,0176	0,0043
$Pb(NO_3)_2$, ПДК+ФК	1685	13,5	5,8	0,0119	0,0020
$Pb(NO_3)_2$, 2ПДК+ФК	366	10,5	6,3	0,0143	0,0031
$Pb(NO_3)_2$, 4ПДК+ФК	1209	14,7	6,8	0,0132	0,0028
$Pb(NO_3)_2$, 8ПДК+ФК	476	8,6	5,1	0,0113	0,0025
$Pb(NO_3)_2$, ПДК+Хз	1355	14,8	5,7	0,0133	0,0024
$Pb(NO_3)_2$, 2ПДК+Хз	1392	11,3	5,9	0,0134	0,0030
$Pb(NO_3)_2$, 4ПДК+Хз	1392	10,6	5,8	0,0125	0,0024
$Pb(NO_3)_2$, 8ПДК+Хз	1172	11,2	5,2	0,0144	0,0030

Таблица 2

Влияние $Cd(NO_3)_2$ и стимуляторов роста на ростовые характеристики гречихи сорта «Наташа»

Вариант	Количество растений, шт/м ²	Длина растений, см		Воздушно-сухая масса растений, г	
		надземной части	корневой части	надземной части	корневой части
Контроль	1282	10,9	7,0	0,0128	0,0028
Гк	1319	10,7	6,0	0,0127	0,0032
ФК	1575	11,3	7,0	0,0131	0,0027
Хз	1832	13,1	7,2	0,0138	0,0029
$Cd(NO_3)_2$	696	8,8	5,6	0,0117	0,0022
$Cd(NO_3)_2$, 2ПДК	293	9,4	7,1	0,0129	0,0027
$Cd(NO_3)_2$, 4ПДК	623	8,1	6,3	0,0123	0,0022
$Cd(NO_3)_2$, 8ПДК	842	10,1	6,1	0,0131	0,0026
$Cd(NO_3)_2$, ПДК+Гк	696	10,2	5,4	0,0133	0,0026
$Cd(NO_3)_2$, 2ПДК+Гк	1062	10,0	6,6	0,0118	0,0033
$Cd(NO_3)_2$, 4ПДК+Гк	1429	8,8	7,5	0,0131	0,0033
$Cd(NO_3)_2$, 8ПДК+Гк	806	10,0	4,5	0,0110	0,0026

Прод.табл. 2

$\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ ПДК+Фк	1136	12,8	5,3	0,0119	0,0024
$\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ 2ПДК+Фк	1245	12,7	7,2	0,0127	0,0027
$\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ 4ПДК+Фк	1282	12,8	6,3	0,0127	0,0027
$\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ 8ПДК+Фк	1282	11,1	7,1	0,0151	0,0031
$\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ ПДК+Хз	1319	13,4	7,1	0,0119	0,0022
$\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ 2ПДК+Хз	769	10,2	6,1	0,0117	0,0023
$\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ 4ПДК+Хз	916	11,3	7,6	0,0134	0,0046
$\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ 8ПДК+Хз	1099	8,9	5,3	0,0135	0,0028

Как показывают полученные результаты, значения ростовых характеристик гречихи выше в случае добавления к загрязненной среде стимуляторов роста в сравнении с вариантами без их применения.

Особенно это видно при анализе таких значений, как количество выживших к концу опыта растений и длина надземной части гречихи. Так, например, урожайность гречихи, выращенной на грунте, содержащем $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, составила 293 – 586 шт/м² в зависимости от массовой доли загрязнителя в то время, как урожайность растений, выращенных на грунте, обработанном $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ +Гк, находилась в пределах 659 – 1575 шт/м²; $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ +Фк – 476 - 1685 шт/м²; $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ +Хз – 1135 – 1392 шт/м². Длина надземной части гречихи, выращенной на песке, в который был внесен нитрат свинца, находилась в пределах 8,3 – 11,5 см в сравнении с 10,2 – 13,6 см для $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ +Гк, 8,6 – 14,7 см для $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ +Фк и 10,6 – 14,8 см для $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ +Хз.

По способности снижать угнетающее действие нитрата свинца стимуляторы роста можно расположить в следующей последовательности:

- количество растений – Хз > Гк > Фк;
- высота стебля – Хз ≈ Фк > Гк;
- длина корня – Фк ≈ Гк ≈ Хз;
- масса надземной части – Гк > Хз > Фк;
- масса корней – Гк > Хз = Фк.

Число растений гречихи, выращенной на грунте, в который помимо нитрата кадмия были добавлены хитозан, гуминовые и фульвиновые кислоты, составила в зависимости от массовой доли нитрата кадмия 769 – 1319 шт/м²; 695 – 1429 шт/м²; 1136 – 1282 шт/м² соответственно в сравнении с 293 – 842 шт/м² без обработки стимуляторами (грунт содержал только $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$). Длина надземной части растений, выращенных на грунте, содержащем $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$, составила 8,1 – 10,1 см, на грунте с $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ +Гк составила 8,8 – 10,2

см, на грунте с $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ +Фк – 11,1 – 12,8 см, на грунте с $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ +Хз – 8,9 – 13,4 см.

При этом если расположить стимуляторы, по их способности снижать неблагоприятное воздействие на рост гречихи, то можно получить следующие ряды для нитрата кадмия:

- количество растений – Фк > Хз > Гк;
- высота стебля – Фк > Хз > Гк;
- длина корня – Фк ≈ Хз > Гк;
- масса надземной части – Фк > Хз ≈ Гк;
- масса корней – Хз = Гк > Фк.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенной работы можно сделать следующие выводы:

– по большинству оцениваемых показателей: количество растений, длина надземной и корневой частей растений, масса надземной части воздушно-сухого растительного материала стимуляторы роста можно расположить в следующей последовательности по эффективности их действия в условиях чистого грунта на гречиху: Хз > Фк > Гк.

– хитозан, гуминовые и фульвиновые кислоты снижают фитотоксическое действие нитрата свинца и нитрата кадмия по отношению к гречихе;

– эффективность действия стимуляторов зависит от природы загрязнителя;

– неблагоприятное действие азотнокислого кадмия, присутствующего в грунте в концентрациях ПДК – 8ПДК, в наибольшей степени снижают фульвиновые кислоты;

– в условиях загрязнения почвы нитратом свинца наибольшей выживаемости растений способствует хитозан;

– положительное действие гуминовых кислот в наибольшей степени проявляется в развитии корневой системы. Растения, выращенные на чистом грунте, а также на грунте, содержащем нитраты свинца и кадмия, в случае применения гуминовых кислот имеют хорошо развитые, густые корни.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ГРЕЧИХИ НА ЗАГРЯЗНЕННОЙ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ СРЕДЕ

ЛИТЕРАТУРА

1. Башмаков Д.И. Эколого-физиологические аспекты аккумуляции и распределения тяжелых металлов у высших растений: Автореф. дис. канд. биол. наук. – Нижний Новгород, 2002. – 18 с.
2. Краткое заключение по хоздоговорной теме 10/99 “Сбор, анализ и подготовка архивной экологической информации по Локтевскому району и г. Горняку для оценки объема работ с целью классификации территории по степени экологического неблагополучия” / Ин-т водных и экологических проблем СО РАН; рук. Винокуров Ю.И.; исполн. Суторихин И.А. – Барнаул, 2000. – 211 с.
3. Обухов А.И., Ефремова Л.И. Охрана и рекультивация почв, загрязненных тяжелыми металлами / тяжелые металлы в окружающей среде и охрана природы. – М.: изд-во МГУ, 1988. – ч.1. – 251 с.
4. Дьяконова О.В. Тяжелые металлы и минеральные формы азота в системе почва-растение: Автореф. дис. канд. с.-х. наук. – Барнаул, 2005. – 16 с.
5. Галиулин Р.В. Инвентаризация и рекультивация почвенного покрова агроландшафтов, загрязненного различными химическими веществами. 1. Тяжелые металлы // Агрехимия. – 1994. – №7-8. – С.132 – 143.
6. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах растений. – М.: Мир, 1989. – 436 с.
7. Хитин и хитозан: Получение, свойства и применение / по ред. Скрябина К.Г. и др. – М.: Наука, 2002. – 368 с.
8. Климонова А.А., Комиссаров И.Д. Влияние гуминовых препаратов на ростовые процессы растений // Гуминовые препараты: Сб. науч. тр. – Тюмень, 1971. – С 193 – 198.
9. Тейт Р. Органическое вещество почвы. – М.: Мир, 1991. – 399 с.

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРХМАЛЫХ ДОЗ БАВ И ГОМЕОПАТИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

А.Л. Верещагин, Т.Л. Цой, В.В. Кропоткина

Дан обзор исследований по биологической активности сверхмалых доз биологически активных веществ и гомеопатических препаратов на онтогенез растений – стадии прорастания и развития побегов, а также на их восприимчивость к грибным инфекциям.

ВВЕДЕНИЕ

В середине 80-х годов XX столетия в работах ряда исследователей [1–4] были получены неожиданные результаты при изучении закономерностей биоэффектов физиологически активных веществ в области малых и сверхмалых доз или массовых долей (в интервале 10^{-5} – 10^{-17} М и менее). При уменьшении массовой доли вещества на 1–2 порядка эффект закономерно снижался, затем наступала «зона молчания» (при более низких массовых долях эффект не наблюдался), а далее при последующем уменьшении массовой доли, отличной от первоначальной на 4–6 порядков, эффект возникал снова. Это явление получило название эффекта сверхмалых доз (СМД). Условно такую чувствительность биоэффектов можно разделить на *пико-* ($\times 10^{-12}$ М) и *фемто-* ($\times 10^{-15}$ М) граммовой чувствительность [5].

Такой эффект СМД наблюдался при исследовании разнообразных химических агентов

тов: регуляторов роста растений, противоопухолевых препаратов, нейропептидов и гормонов, иммуномодуляторов, антиоксидантов и других как белковых, так и небелковых соединений.

В то же время была опубликована работа [5], в которой описывалось воздействие физиологически активных веществ в массовых долях от 10^{-9} М вплоть до ничтожно малых значений. В этом случае биоэффект приходится на массовые доли ниже даже тех, которые используются в гомеопатии – системе лечения ничтожно малыми дозами, предложенной в 1796 году немецким врачом С.Ганеманом. Идеология гомеопатии “микродозы по принципу подобия” подкреплена огромным количеством наблюдений и положительных результатов лечения, что дает возможность активного ее сосуществования с официальной медициной, например, [6].