

### ВОЗДЕЙСТВИЕ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН САЛАТА

*В лабораторных опытах установлено увеличение показателей биомассы и длины как корней, так и побегов у 4-суточных проростков при концентрациях нефти 3 и 6 г/кг почвы, что, вероятно, обусловлено дополнительным азотным питанием растений. Зарегистрировано отрицательное действие нефти на прорастание семян при концентрации поллютанта 9 г/кг и выше, что, по-видимому, связано с образованием гидрофобной пленки на семенах и корнях, ухудшающей их газо- и водообмен.*

**Ключевые слова:** воздействие, нефтезагрязнение почвы, семена салата, прорастание.

V.I. Polonskiy, D.E. Polonskaya, T.S. Borodulina

### THE SOIL PETROLEUM POLLUTION IMPACT ON THE LETTUCE SEED GERMINATION

*The increase in biomass indicators, root length, as well as sprout length, of 4-day germs with petroleum concentration of 3 and 6 of g/kg in the soil that is probably caused by the plant additional nitric nutrition is determined in the laboratory experiments. The petroleum negative effect on the seed germination with the pollutant concentration of 9 g/kg and higher, that is apparently connected with hydrophobic film formation on seeds and roots, worsening their gas and water exchange is registered.*

**Key words:** impact, soil petroleum pollution, lettuce seeds, germination.

---

**Введение.** Одним из основных загрязнителей окружающей среды является нефть [1,2]. О влиянии этого поллютанта на процессы прорастания семян в литературе имеются противоречивые сведения. Одни авторы [3,4] говорят, что нефть, особенно в низких концентрациях, не влияет на прорастание семян растений, другими исследователями [2, 5–7] показано ингибирование этих процессов, в экспериментах третьих наблюдался эффект стимуляции процессов прорастания семян [8–10].

подавляющее большинство работ, посвященных изучению воздействия нефти на процессы прорастания семян, выполнены при использовании высоких уровней поллютанта, существенно превышающих значения ПДК и ОДК нефти в почве, которые соответственно составляют 0,3 и 1 г/кг [11,12]. Сведений о механизмах действия низких концентраций нефти на начальные этапы роста растений в литературе имеется недостаточно.

**Цель работы.** Исследование возможных причин влияния низких уровней нефтезагрязнения почвы на процессы прорастания семян модельных растений.

**Материал и методы исследования.** В качестве объектов исследования использовали салат листовой (*Lactuca sativa L.*) сорта Парниковый. При проведении лабораторного эксперимента использовали известную методику [13]: навеску воздушно-сухой почвы (10 г) помещали в чашку Петри, накрывали ее бумажным фильтром и заливали на одни сутки 20 мл воды (контроль). В первой серии опытов в чашки внесли водную эмульсию сырой нефти из расчета конечных концентраций: 0,3; 1; 3; 6; 9; 12 и 15 г/кг почвы. Во второй серии опытов использовали водную эмульсию нерафинированного подсолнечного масла из расчета тех же конечных концентраций. В третьей серии опытов применяли растворы серноокислого аммония в концентрации 30 мг/кг почвы, используя при этом либо воду, либо водную эмульсию нерафинированного подсолнечного масла.

Через одни сутки на фильтровальную бумагу в каждую чашку раскладывали по 25 штук семян, которые предварительно калибровали по размеру и обеззараживали в растворе перманганата калия. Семена проращивали при температуре 23°C в условиях различных вариантов опытов. Для устранения влияния на семена выделяющихся из нефти газообразных фракций между дном и крышкой чашек оставляли небольшой воздушный зазор. Через 4 суток проводили учет количества проросших семян, измеряли сырую биомассу, длину корней и надземной части проростков.

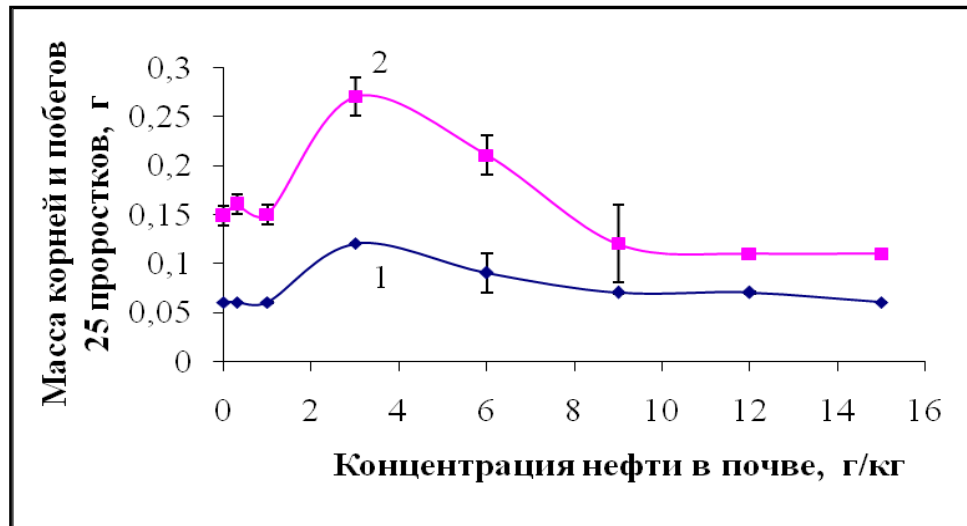
Эксперименты проведены дважды, каждый вариант опыта в четырехкратной повторности. Результаты обработаны статистически с помощью пакета программ Microsoft Excel 2003.

**Результаты исследования и их обсуждение.** При содержании нефти в почве 9 г/кг и выше происходило угнетение процессов роста побегов салата (рис. 1,А; 2,А). При этом было найдено значительное увели-

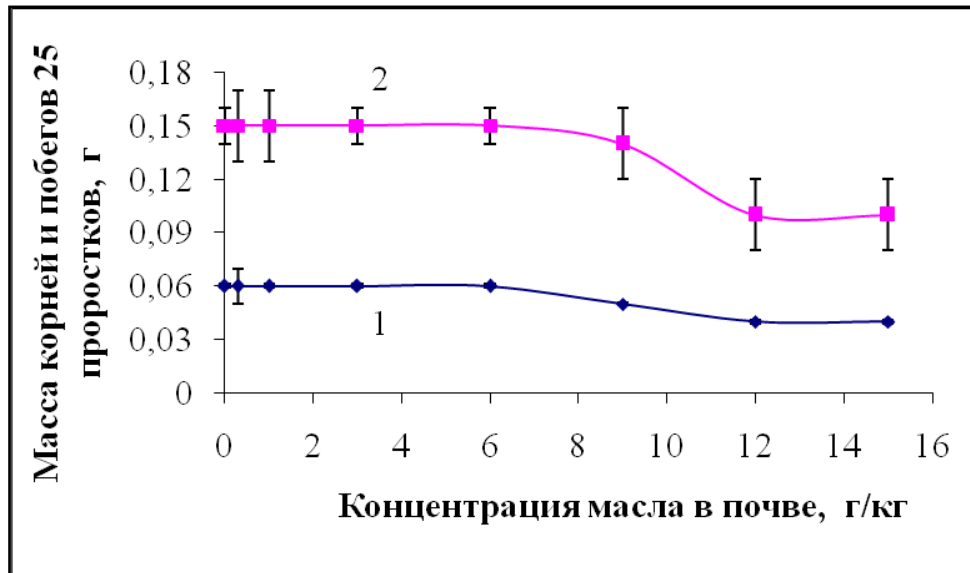
чение всех ростовых показателей при содержании нефти в почве от 3 до 6 г/кг, за исключением массы корней, повышение которой наблюдалось в пределах концентрации загрязнителя 3–12 г/кг.

Для выяснения механизма негативного влияния нефти на процессы прорастания семян во второй серии опытов использовали в качестве имитатора нефти нерафинированное подсолнечное масло. В результате было обнаружено четкое ингибирование большинства изучаемых ростовых параметров, начиная от содержания масла в почве, равного 9 г/кг (рис. 1,Б; 2,Б). Какого-либо положительного воздействия на проростки любой концентрации масла, использованной в экспериментах, не отмечалось, при этом закономерных отличий влияния нефти и масла на ростовые процессы выявлено не было.

Ранее нами было также установлено, что с увеличением концентрации нефти и подсолнечного масла в среде происходит снижение уровня флуоресценции хлореллы, но к нефти культура микроводоросли была более чувствительней, чем к воздействию ее имитатора [14, 15].

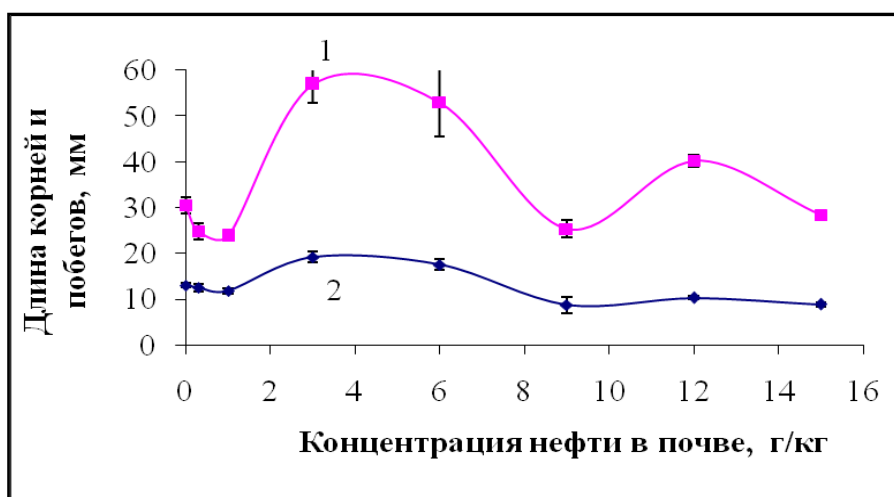


А

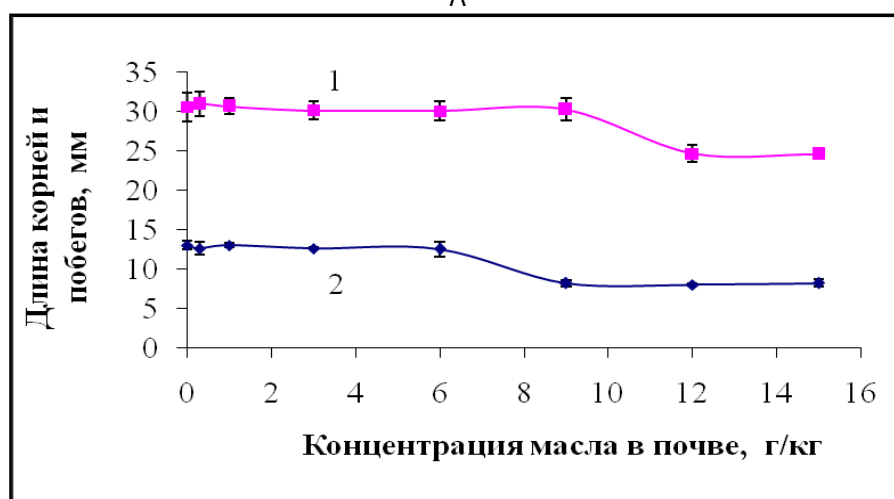


Б

Рис. 1. Биомасса проростков салата при различных уровнях нефтезагрязнения почвы (А) и внесения в почву подсолнечного масла (Б): 1 – корни; 2 – побеги



А



Б

Рис. 2. Длина корней и побегов проростков салата при различных уровнях нефтесоразгрязнения почвы (А) и внесения в почву подсолнечного масла (Б): 1 – корни, 2 – побеги

Исходя из полученных данных в экспериментах с подсолнечным маслом, можно предположить, что основной причиной угнетения процессов прорастания семян при использованных выше уровнях нефтесоразгрязнения является не прямое воздействие фитотоксических веществ загрязнителя, а физический механизм. Последний состоит, по-видимому, в образовании на поверхности семян и корней проростков гидрофобной пленки, затрудняющей газообмен и поступление в них воды.

Зарегистрированный в экспериментах эффект стимуляции ростовых процессов при добавлении нефти можно объяснить следующим образом. Известно, что в состав нефти входят сернистые и азотистые органические соединения, при этом доля последних составляет в среднем 0,03–0,1% [15]. Можно предположить, что нефть оказывала стимулирующее влияние на ростовые параметры проростков салата, выступая в качестве своеобразного аналога минерального удобрения. По всей вероятности, азот, входящий в состав нефти, благодаря деятельности почвенных микроорганизмов, участвующих в ее минерализации, становился доступным растениям.

Если предположить, что в нефти, использованной в экспериментах, содержалось 0,1% азота, и он весь превратился в результате восстановления микроорганизмами в аммоний, то в случае варианта с концентрацией нефти, вызывающей позитивный эффект (6 г/кг), в почве должно появиться около 6 мг/кг аммонийного азота. Смоделировать этот уровень можно, добавив в почву 30 мг /кг сульфата аммония.

Для экспериментального обоснования выдвинутого предположения причины позитивного влияния нефти на процессы прорастания семян выполняли третью серию опытов, в которой использовали сернистый аммоний в концентрации 30 мг/кг почвы. Результаты представлены в таблице.

**Ростовые показатели проростков салата при добавлении сульфата аммония и масла в почву (значения в колонках с разными буквами существенно различаются между собой при  $P \leq 0,05$ )**

Концентрация		Доля проросших семян, %	Масса 25 проростков, г		Длина, мм	
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , мг/кг	масла, г/кг		корней	побегов	проростка	корня
0	0	86±0,2а	0,06±0,001а	0,15±0,01а	13,0±0,5а	30,5±1,8а
0	6	69±0,2б	0,06±0,001а	0,15±0,01а	12,5±0,9а	30,0±1,2а
30	6	85±0,2а	0,07±0,001б	0,16±0,01а	13,1±0,1а	30,5±1,1а
30	0	87±0,6а	0,12±0,01в	0,25±0,01б	13,9±0,3а	34,3±1,7а

В случае использования водных растворов сернокислого аммония можно видеть положительное влияние соли на рост корней салата и накопление надземной части биомассы. В вариантах с добавлением сернокислого аммония к эмульсии масла у проростков салата все ростовые показатели не были ниже уровня контроля.

Заметим, что применение только масляной эмульсии в концентрации 6 г/кг почвы (рис. 1,Б; 2,Б) не влияло на ростовые показатели проростков (кроме доли проросших семян). При добавлении сернокислого аммония к масляной эмульсии наблюдалась стимуляция двух показателей: доли проросших семян и массы корней. Следовательно, можно предположить, что возможной причиной продемонстрированной выше стимуляции ростовых процессов при низких концентрациях нефти в почве является наличие доступного для проростков азота.

Ранее одним из нас [16] было установлено, что микроорганизмы чернозема выщелоченного в качестве источника азота способны использовать азот алифатических и ароматических групп гуминовых кислот гумуса. Даже, если из-за соотношения C:N в нефти, которое превышает 40, ее минерализация, скорее всего, должна заканчиваться не появлением аммония, а иммобилизацией в составе микробных тел, то после отмирания последних в результате аммонификации азот в виде аммония может быть доступным растениям. Кроме азота не исключается возможность участия других, входящих в состав нефти, минеральных элементов в питании проростков и стимуляции в них ростовых процессов, например серы и ионов металлов.

**Заключение.** В работе показано, что присутствие нефти в почве сопровождается либо угнетением процессов прорастания семян, либо их стимуляцией в зависимости от концентрации поллютанта. Первое происходит при уровне нефтезагрязнения, соответствующем 30 ПДК, и предположительно объясняется существованием физического механизма образования гидрофобной пленки на семенах и корнях, ухудшающего их газо- и водообмен. Второй процесс имеет место при содержании нефти в почве, соответствующем 1–20 ПДК, и предположительно объясняется присутствием дополнительного источника минерального (главным образом азотного) питания.

### Литература

1. Киреева Н.А., Тарасенко Е.М., Бакаева М.Д. Детоксикация нефтезагрязненных почв под посевами люцерны (*Medicago sativa* L.) // *Агрохимия*. – 2004. – № 10. – С. 68–72.
2. Шилова И.И. Биологическая рекультивация нефтезагрязненных земель в условиях таежной зоны // *Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем*. – М., 1988.
3. Полонский В.И., Полонская Д.Е. Реакция растений на низкие уровни нефтезагрязнения // *Сиб. вестн. с.-х. науки*. 2009. – № 8. – С. 18–22.
4. Blankenship D.W., Larson R.A. Plant growth inhibition by water extract of a crude oil // *Water, Air and Soil Pollution*. – 1978. – Vol. 10. – № 4. – P. 471–473.
5. Проблемы диагностики и нормирования загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами / Ю.И. Пиковский [и др.] // *Почвоведение*. – 2003. – № 9. – С. 1132–1140.
6. Киреева Н.А., Мифтахова А.М., Кузахметов Г.Г. Влияние загрязнения нефтью на фитотоксичность серой лесной почвы // *Агрохимия*. – 2001. – № 5. – С. 64–69.
7. Ability of Cold-Tolerant Plants to Grow in Hydrocarbon-Contaminated Soil / D.B. Robson [et al.] // *International Journal of Phytoremediation*. – 2003. – Vol. 4. – № 1. – P. 105–123.
8. Киреева Н.А., Мифтахова А.М., Салахова Г.М. Рост и развитие растений яровой пшеницы на нефтезагрязненных почвах и при биоремедиации // *Агрохимия*. – 2006. – № 1. – С. 85–90.

9. Седых В.Н., Игнатьев Л.А. Влияние отходов бурения и нефти на физиологическое состояние растений // Сиб. экол. журн. – 2002. – № 1. – С. 47–52.
10. Седых В.Н., Игнатьев Л.А., Семенюк М.В. Реакция растений на отходы бурения нефтяных скважин. Всхожесть семян и выживаемость сеянцев. Сообщение 1 // Сиб. экол. журн. – 1998. – № 1. – С. 105–110.
11. Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами: методическое письмо МПР, Роскомзема и Минсельхозпрода РФ. – М., 1993.
12. Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в почве. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041-06. – М., 2006.
13. Практикум по физиологии растений / В.Б. Иванов [и др.]. – М., 2001.
14. Влияние нефтезагрязнения воды на медленную флуоресценцию водоросли *Chlorella vulgaris* Beijer и выживаемость рачков *Daphnia magna* Str. / Т.С. Бородулина [и др.] // Сиб. экол. журн. – 2011. – № 1. – С. 107–111.
15. Черножуков Н.И., Обрядчиков Н.И. Химия нефти и нефтяных газов. – М.; Л., 1946.
16. Полонская Д.Е., Золотухин Г.Е. Влияние выбора предшественника на гумусовое состояние чернозема в агроценозах зерновых культур Красноярской лесостепи // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 1992. – № 4. – С. 3–7.



УДК 582.632.1:581.143.312

М.Г. Боровикова

#### ИЗМЕНЧИВОСТЬ ШИРИНЫ ГОДИЧНЫХ СЛОЕВ СТВОЛОВОЙ ДРЕВЕСИНЫ И КОРЫ БЕРЕЗЫ ПУШИСТОЙ\*

Приведены результаты исследования изменчивости годичных слоев коры и древесины березы пушистой из болотных условий произрастания. Дан анализ анатомической структуры коры в связи с разделением клеток на раннюю и позднюю генерации.

**Ключевые слова:** береза, болото, древесина, кора, годичные слои, клетка.

M.G. Borovikova

#### THE YEAR LAYER WIDTH VARIABILITY OF THE FLUFFY BIRCH STEM WOOD AND BARK

The research results of bark and wood year layer variability of fluffy birch from swamp growing conditions are stated. The bark anatomical structure analysis in connection with the cell division into early and late generations is given.

**Key words:** birch, swamp, wood, bark, year layer, cell.

---

**Введение.** Благоприятной средой обитания большинства видов берез являются дренированные и прогреваемые почвы, умеренное количество осадков, наличие грунтовой влаги и других жизнеобеспечивающих факторов. Длительное воздействие лимитирующих факторов, то есть отклонение от оптимальных для произрастания условий, например переувлажнение почвы, их постоянное выхолаживание и т.п., приводит к дифференциации видов по характеру выносливости, вследствие чего они становятся преобладающими в специфических экотопах. Рядом ученых проводились ботанические описания видов данного рода. Известны фенологические исследования последовательных ритмов их сезонного развития [2, 4]. Практически во всех регионах показатели динамики приростов выявлены недостаточно подробно, особенно это касается гидроморфных условий произрастания. Изменчивость радиального прироста древесины ствола служит одним из надежных показателей реактивных свойств особей по отношению к текущей флуктуации параметров внешней среды.

---

\* Работа выполнена в рамках Программы Президиума РАН №30 «Живая природа: современное состояние и проблемы развития» (проект СО РАН №2).