

## ВЛИЯНИЕ ПОЛИМЕРНОГО ГЕЛЯ «РИТИН-10» НА ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

Т. Н. Данилова

*ГНУ Агрофизический научно-исследовательский институт Россельхозакадемии  
Гражданский проспект, 14, Санкт-Петербург, 195220  
E-mail: danilovatn@yandex.ru*

*Поступила в редакцию 09 июля 2012 г., принята к печати 25 марта 2013 г.*

В последние годы все большее значение приобретают полимерные материалы, позволяющие регулировать водно-физические свойства почвы. В статье рассмотрены особенности и перспективы применения влагонабухающего полимера «РИТИН-10» полученного из отходов нефтяной промышленности. В лабораторных экспериментах изучались: набухание гидрогеля в дистиллированной воде и в стандартном растворе Кнопа; водоудерживающая способность почв без гидрогеля и при внесении 0.1 г и 0.2 г сухого гидрогеля на 100 г почвы; устойчивость полимера к многократным циклам «набухание – высушивание». Водоудерживающую способность определялась на песчаных почвах с о. Бахрейн, дерново-подзолистой супесчаной почве ОАО Белогорка и серой лесной легкосуглинистой почве г. Суздаль.

Проведенные исследования показали, что вода, поглощаемая гидрогелем, находится в диапазоне доступной для растений влаги (30–50 кПа). Наибольший эффект от воздействия гидрогеля на водоудерживающую способность почв было отмечено на образцах дерново-подзолистой супесчаной почвы при внесении гидрогеля в дозе 0.2%. Было установлено снижение степени набухания гидрогеля при переходе от воды к растворам солей. При внесении гидрогеля снижалась плотность песчаной почвы и повышалась ее влагоемкость.

**Ключевые слова:** гидрогель, набухание, потенциал почвенной влаги, почва.

### ВВЕДЕНИЕ

Водно-физические свойства почв легкого гранулометрического состава не всегда являются оптимальными для нормального роста и развития растений. Для повышения водоудерживающей способности таких почв особо перспективными представляются гидрогели. Они обладают одновременно свойствами твердого тела и жидкости, поглощенной ими, и способны удерживать до нескольких литров влаги на грамм сухого вещества. Влагонабухающие полимеры, структурообразователи почв, почвозакрепители для очагов дефляции не являются традиционными материалами, которые используются в сельском хозяйстве.

Сильнонабухающие (влагонабухающие) полимерные гидрогели представляют собой редкосшитый гидрофильный полимерный материал акрилатной природы. Молекулярная структура сетки и наличие в ней ионогенных групп обеспечивает огромный масштаб равновесного набухания полимерных гелей, лежащий в большинстве случаев в интервале 300–3000 мл·г<sup>-1</sup>. Это ключевое качество сильнонабухающих полимер-

ных гидрогелей открывает возможность их использования как эффективных влагоудерживающих добавок в различных задачах, требующих аккумуляции, связывания воды или водных растворов. При этом гидрогель практически не оказывает влияния на свойства поглощенной им воды, и она остается доступной для растений (Романов и др., 1985).

Способность к образованию гелей характерна для полимеров с длинноцепными и, особенно, с разветвленными молекулами, сшитыми между собой в некоторых местах. Сшивка может быть химической или физической – за счет достаточно устойчивых связей между отдельными звеньями молекул или просто за счет образования узлов при переплетении цепей. Своеобразная «сетчатая» структура гидрогеля и определяет возможность поглощать и удерживать воду внутри звеньев сети. В зависимости от химической природы геля степень его набухания может быть в 1000–2000 раз больше его сухого веса при сохранении механической прочности набухшей гранулы геля. Важнейшим фактором является то, что влага, удерж-

живаемая гелем, не только сохраняется внутри гранулы после прекращения свободного доступа воды, но и является доступной для растений (Ревут и др., 1973).

В основном для получения гранул геля используют сшитый полиакриламид, но бывают и другие исходные материалы: гидролизованый привитой сополимер полиакрилонитрила с крахмалом, продукты реакции сшивания макромолекул винилового спирта и акриламида, винилового спирта и акриловой кислоты и т.д.

Общие принципы действия полимерных гидрогелей на водный режим почвы и влагообеспеченность растений в том, что при внесении в почвенный корнеобитаемый слой, например, путем равномерного распределения, частицы полимерного гидрогеля располагаются в порах, и при поступлении влаги набухают, обеспечивая тем самым повышение влагоудерживания и благоприятные условия для развития растений. Влага гидрогеля эффективно используется растениями, поскольку ее основная часть лежит в области потенциалов воды  $4.2 > pF > 2.0$ , характеризующих биологически доступную влагу. В результате наблюдается значительное пролонгирование влажности почвы, снижение поливных норм и расхода химикатов, рост биомассы, а в ряде случаев — принципиальная возможность выращивания растений в неблагоприятных условиях водного дефицита.

Термодинамику влаги в песках с добавлением сильнонабухающих полимерных гидрогелей рассматривали многие исследователи (Тюгай, Воронин, 1979). Они изучали основную гидрофизическую характеристику водно-физических свойств почв методом капилляриметрии. В опытах, проведенных на фракциях песка с разными добавками сильнонабухающих полимерных гидрогелей — от 0.01 до 0.2%, было установлено увеличение полезного запаса влаги за счет кажущейся

перераспределения пор по размерам. Сильная чувствительность набухания полимерных гелей даже к низким давлениям вышележащих слоев ограничивает их влагоемкость в почве. Поэтому необходимо согласовывать размеры частиц геля и почвенных пор, в которых они расположены.

Очевидно, что внесение сильнонабухающих полимерных гидрогелей в корнеобитаемый слой, в целом может быть эффективным и экономически оправданным, если полимерные гидрогели способны аккумулировать достаточно большой объем воды доступной для растений. Экономическая целесообразность может быть обеспечена внесением минимально необходимого количества сильнонабухающего полимерного гидрогеля, определяемого типом почвы, прогнозируемыми погодными ситуациями, видом сельскохозяйственной культуры, стоимостью технологии внесения, стоимостью самого препарата и ценой реализации произведенной продукции (Казанский и др., 1988).

Целью данного исследования было изучение возможностей использования гидрогеля как водоудерживающей почвенной добавки для улучшения водно-физических свойств почв. Поставленная цель потребовала решения следующих задач: определение степени набухания гидрогеля в воде и в стандартном растворе Кнопа; исследование влияния гидрогеля на водоудерживающую способность разных типов почв.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

В лабораторном эксперименте исследован гидрогель «РИТИН-10», полученный из отходов нефтяной промышленности. Состав: С — 11%; N — 4.7%; O<sub>2</sub> — 16.4%; Cl — 1.01%; K — 27.05%; Na — 36.98%. Гидрогель получен путем манипулирования молекулами полиакриламида посредством внешнего воздействия ионизирующего излучения (рис. 1).

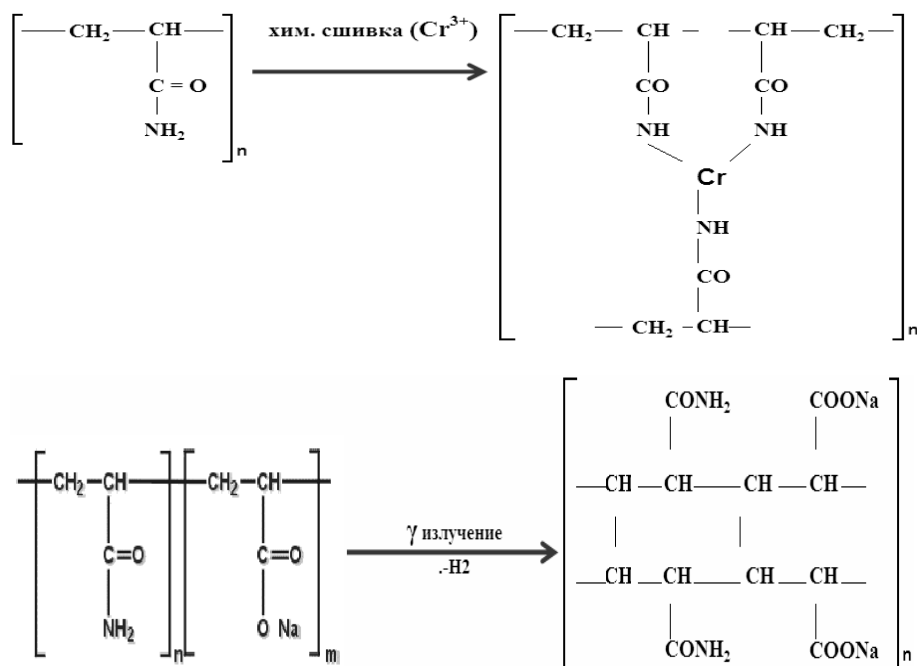


Рис. 1. Химическая и радиационная сшивка полиакриламида  
(технология ОАО «РИТЭК» [www.ritek.ru](http://www.ritek.ru))

В лабораторных экспериментах изучались: набухание гидрогеля в дистиллированной воде и в стандартном растворе Кнопса (Ефимов и др., 1979); водоудерживающая способность почв без гидрогеля и при внесении 0.1 г и 0.2 г сухого гидрогеля на 100 г почвы; устойчивость гидрогеля к многократным циклам «набухание – высушивание».

Методически изучение набухания выполнялось по изменению относительной величины набухания:

$$\bar{V} = \frac{V_i}{V_{\max}}$$

где  $V_{\max}$  – изменение объема весовой единицы гидрогеля при набухании в дистиллированной воде;  $V_i$  – изменение объема весовой единицы гидрогеля при набухании в питательном растворе;  $i$  – концентрации питательного раствора ( $\text{г} \cdot \text{л}^{-1}$ ).

Для экспериментов были взяты образцы органогенных горизонтов из двух песчаных почв почвенно-климатического региона о. Бахрейна (Саудовская Аравия), супесчаной дерново-подзолистой почвы (ОАО «Белогорка») и серой лесной легкосуглинистой почвы (Владимирское Ополье, г. Суздаль). Почвенные образцы нарушенного сложения были просеяны через сито с отверстиями диаметром 1 мм.

Определение водоудерживающей способности почв с гидрогелем проведено на прессе Ричардса по стандартной методике (Глобус, 1969). Измерения основных гидрофизических характеристик почв проводились в трехкратной повторности при потенциалах почвенной влаги: 6.25; 20.6; 31.25; 62.5 кПа. В образцы почв гель добавляли в концентрациях 0.1 г и 0.2 г на 100 г почвы<sup>-1</sup>. Образцы почв помещались в металлические кольца (диаметр кольца – 30 мм; высота – 10 мм). Навески почв капиллярно увлажняли в течение суток и помещали на керамическую пластину, предварительно выдержанную в воде для удаления воздуха. Образцы почв выдерживают при заданных давлениях до прекращения вытекания воды из подмембранного пространства. Это свидетельствовало об установлении равновесия в системе. Значения влажности почвы, соответствующие каждому потенциалу влаги определяли термостатно-весовым методом.

Исследование гидрогеля на «набухание – высушивание» проводили в лабораторных условиях при комнатной температуре 18–20°C. Навеску геля 0.1 г помещали в чашку Петри и добавляли дистиллированную воду в количестве 30 мл.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенного исследования было установлено, что 0.1 г геля удерживает приблизительно 30 мл дистиллированной воды, т.е. объем увеличивается в 300 раз, что является нижним пределом для полимеров такого типа.

При использовании концентрированного 1-кратного питательного раствора Кнопа

(Ефимов и др., 1979) набухание гидрогеля было очень слабым. При использовании трех различных разбавленных растворов Кнопа (Ефимов и др., 1979) набухание увеличивалось при снижении концентрации, но было меньше, чем набухание гидрогеля в дистиллированной воде. Вероятно, что увеличение молекулы полимера при набухании зависит от концентрации солей в растворе (рис. 2).

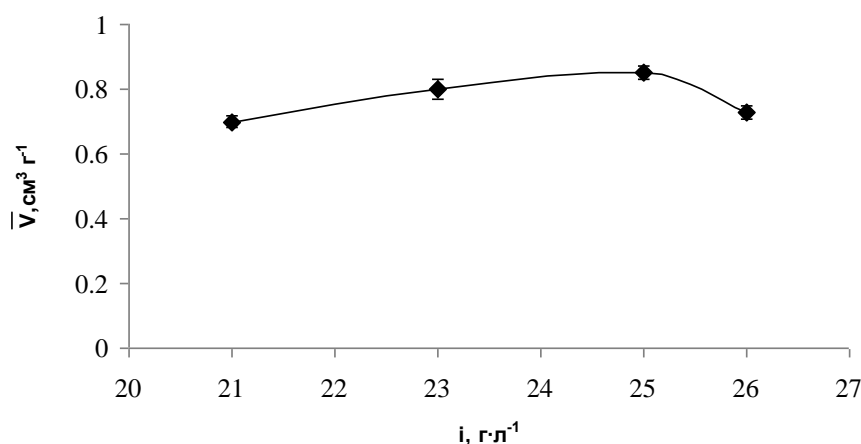


Рис. 2. Набухание гидрогеля в питательном растворе.

$V$  – относительная величина набухания;  $i$  – концентрации питательного раствора ( $\text{г} \cdot \text{л}^{-1}$ ).

При исследовании «набухания – высушивания» геля было установлено, что в зависимости от влажности и температуры воздуха в помещении, гель высыхает за 3–7 суток. Однако, после добавления воды в количестве, равном испарившемуся, гель практически полностью восстанавливает свои свойства (Данилова, 2007; 2008).

Зависимость капиллярно-сорбционного потенциала от влажности почвы тесно связана с минералогическим и химическим составом элементарных почвенных частиц, с удельной поверхностью почвы, с ее гранулометрическим, микроагрегатным и агрегатным составом, т.е. со всеми уровнями структурной организации твердой части почвы вплоть до горизонтального. Поэтому ее можно рассматривать как интегральную структурную характеристику почвы (Воронин, 1984).

Водоудерживающая способность почв в диапазоне потенциалов влаги 30–40 кПа характеризует влагу, доступную для расте-

ний. Внесение гидрогеля в почву способствует увеличению количества влаги в данном диапазоне.

Кривые, представленные на рис. 3 (а, б, в), характеризуют зависимости капиллярно-сорбционного потенциала влаги от влажности почв. Из анализа кривых водоудерживания исходных почв (рис. 3а) следует, что наибольшей водоудерживающей способностью обладают образцы серой лесной почвы, дерново-подзолистые супесчаные почвы удерживают меньше влаги и самой слабой водоудерживающей способностью характеризуются образцы песчаных почв с о. Бахрейн.

Изменение положения кривых  $P(W)$  называется сдвигом, или параллельным переносом, причем величина переноса пропорциональна значению удельной поверхности почвы. Чем больше удельная поверхность, тем больше удерживается воды почвой при одном и том же давлении.

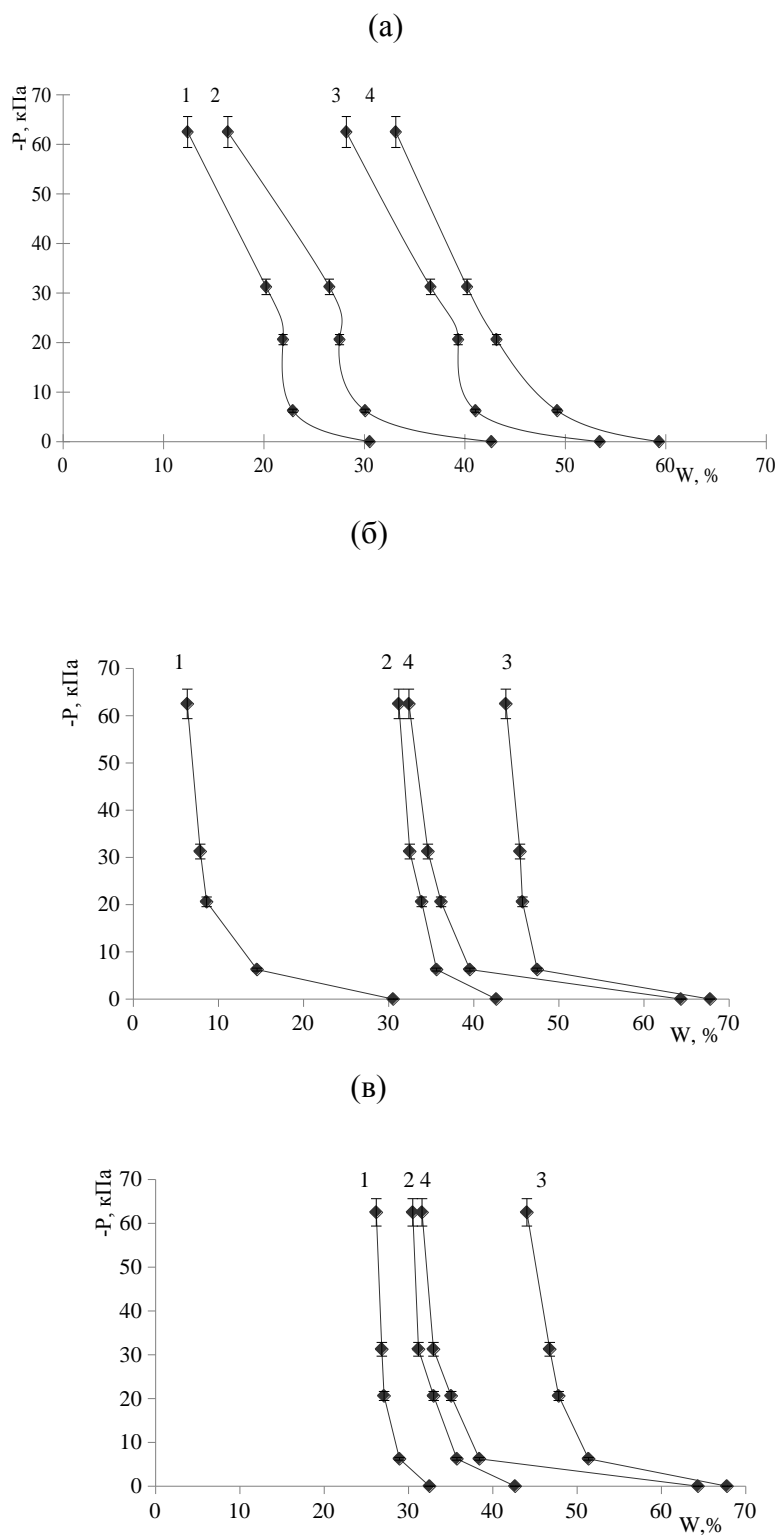


Рис. 3. Зависимость капиллярно-сорбционного давления влаги от влажности почвы:  
 1 – песчаная № 1 (о. Бахрейн); 2 – песчаная № 2 (о. Бахрейн); 3 – дерново-подзолистая супесчаная (Белогорка);  
 4 – серая лесная легкосуглинистая (г. Суздаль).  
 (а) – контроль; (б) – образцы почвы с гелем 0.1 г 100 г почвы<sup>-1</sup>;  
 (в) – образцы почвы с гелем 0.2 г 100 г почвы<sup>-1</sup>

Из анализа кривых водоудерживания почв с добавлением геля в количестве  $0.1 \text{ г } 100 \text{ г почвы}^{-1}$  (рис. 3б) следует, что наибольшей водоудерживающей способностью обладают образцы дерново-подзолистой супесчаной почвы из Белогорки ( $p < 0.05$ ). По сравнению с контролем увеличилась водоудерживающая способность песчаной почвы № 2 с о. Бахрейн, но водоудерживающая способность почвы № 1 о. Бахрейн уменьшилась. Это может быть связано с изменением некоторых переменных, например, значений удельной поверхности, плотности почвы, угла смачивания и поверхностного натяжения. (Мичурин, 1975).

Кривые влагоудерживания, представленные на рис. 3в, показывают, что при добавлении геля в количестве  $0.2 \text{ г}$  на  $100 \text{ г}$  почвы, наибольшей водоудерживающей способностью обладают дерново-подзолистой почвы из Белогорки ( $p < 0.05$ ). Водоудерживающая способность песчаных почв с о. Бахрейн приблизительно одинакова, но значительно ниже, чем у образцов дерново-подзолистой почвы. Водоудерживающая способность серой лесной почвы сходна с таковой у песчаных почв с о. Бахрейн.

Кривые водоудерживания, полученные после добавления в почвенные образцы геля показывают, что водоудерживающая способность почв меняется: почвы удерживают

больше влаги, доступной для растений. Это объясняется тем, что увеличение влажности почвы за счет сорбции влаги молекулами гидрогеля приводит к изменению водоудерживающей способности почвы. При увеличении дозы гидрогеля до  $0.2\%$  происходит снижение плотности песчаных почв, что создает дополнительную пористость и соответственно повышается влагоемкость. Поэтому величина давления почвенной влаги остается практически на одном уровне. Это не значит, что количество доступной растениям влаги остается тем же; влага, содержащаяся в молекулах геля доступна для растений, т.е. количество доступной влаги увеличивается.

## ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований отмечено снижение степени набухания гидрогеля при переходе от воды к растворам солей; показано, что в диапазоне изменений влажности почвы в пределах от  $30$  до  $50\%$ , влага в почве с гидрогелем является доступной для растений; установлено, что увеличение содержания гидрогеля от  $0.1 \text{ г}$  до  $0.2 \text{ г}$  на  $100 \text{ г}$  почвы способствует увеличению влагосодержания почвы. Наиболее стабильное увеличение водоудерживающей способности всех исследованных почв происходило при внесении в почву гидрогеля в дозе  $0.2 \text{ г } 100 \text{ г почвы}^{-1}$ .

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Воронин А. Д. 1984. Структурно – функциональная гидрофизика почв. М.: МГУ.
- Воронин А. Д., Витязев В. Г. 1979. Влияние полимеров гидрофильной и гидрофобной природы на свойства поверхности почвенных частиц // Агрехимия. № 1. С. 85–89.
- Глобус А. М. 1969. Экспериментальная гидрофизика почв. Л.: Гидрометеиздат. 356 с.
- Данилова Т. Н., Козырева Л. В. 2008. Возможности использования гидрогелей для управления водообеспеченностью полей // Плодородие. № 6. С. 24–25.
- Данилова Т. Н. 2007. Использование гидрогелей для улучшения водно-физических свойств почвы / Материалы Международного форума «Земля и урожай» 5–8 июня Санкт-Петербург. С. 34–36.
- Ефимов В. Н., Калинин В. Г., Горлова М. Л. 1979. Пособие к учебной практике по агрохимии. Л.: Колос. 39 с.
- Казанский К. С., Агафонов О. А., Усков И. Б., Романов И. А. 1988. Сильнонабухающие полимерные гидрогели – новые влагоудерживающие почвенные добавки // Вестник с.-х. науки. № 4. М.: Агрметеиздат. С. 125–132.
- Мичурин Б. Н. 1975. Энергетика почвенной влаги. Л.: Гидрометеиздат. С. 51–55.
- Ревут И. Б., Масленкова Г. Л., Романов И. А. 1973. Химические способы воздействия на испарение и эрозию почвы. Гидрометеиздат. 27 с.
- Романов И. А., Агафонов О. А., Абросимова Л. Н., Катичева И. А. 1985. Науч.-техн. бюл. по агр. физике. № 61. С. 37–40.