



Подземные очаги огня и газа.  
Гравюра из трактата А. Кирхера «Mundus subterraneus», 1664–1665

УДК 631.41:551.2

DOI: 10.24411/2226-7271-2018-11081

Зубкова Т.А.\*,  
Суханова Н.И.\*\*



Т.А. Зубкова



Н.И. Суханова

## Особенности почвенных агрегатов в условиях выделения эндогенного водорода

\*Зубкова Татьяна Александровна, доктор биологических наук, старший научный сотрудник факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-4967-5776>

E-mail: [tatiana-a-zubkova@j-spacetime.com](mailto:tatiana-a-zubkova@j-spacetime.com); [dusy.taz@mail.ru](mailto:dusy.taz@mail.ru)

\*\*Суханова Наталья Ивановна, кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова, заслуженный научный сотрудник МГУ

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0001-8570-2068>

E-mail: [natalia-i-sukhanova@j-spacetime.com](mailto:natalia-i-sukhanova@j-spacetime.com); [vogudin@yandex.ru](mailto:vogudin@yandex.ru)

В центральных регионах Европейской России, примыкающих к глубинным разломам земной коры, обнаружено аномально высокое содержание водорода в почвенном слое. Известно, что в таких зонах происходят климатические и геофизические изменения, о состоянии же почв почти ничего не известно. Исследованы черноземы обыкновенные Воронежской области (повышенный поток  $H_2$ ) и Ростовской (потоки  $H_2$  на уровне фоновых). Показано существенное пространственное различие на агрегатном структурном уровне между почвами в условиях высокого потока  $H_2$  флюидов и в отсутствии такового, а также различие характера связи прочности агрегатов с содержанием гумуса, что может быть результатом влияния молекулярного водорода.

**Ключевые слова:** водородный флюид; почвы; черноземы обыкновенные; гумус, агрегатная структура; механическая прочность агрегатов.

### Введение

В настоящее время обнаружено аномально высокое содержание водорода в подпочвенном слое в некоторых центральных регионах Европейской России. Это территории, примыкающие к глубинным разломам земной коры. Существенная площадь приходится на черноземные почвы, которые используются в земледелии. Это явление обусловлено дегазацией водорода из недр планеты<sup>1</sup>. Концентрация водорода может достигать 2,0–2,5% и выше, что на несколько порядков выше возможной концентрации водорода в почве<sup>2</sup>. Процесс наблюдается на кольцевых структурах проседания (западинах), хорошо дешифрируемых на космических снимках. Форма западин в местах выходов водородных потоков правильно круглая в виде светлых колец и кругов. Особенно четко такие участки видны на снимках пашни в черноземной зоне. Верхний горизонт в таких западинах осветляется до серого или до светло-серого цвета. По свидетельству геологов и по результатам нашей полевой водородометрии установлено, что поток водородного флюида непостоянен в пространстве, во времени и подчиняется внутриземным циклам<sup>3</sup>. В результате западины имеют свое развитие во времени – от начальной стадии формирования, когда понижения поверхности почти нет, до, так называемого, «старения», когда понижение существенное и в западине при достаточном количестве осадков может сформироваться болото или озеро.

В литературе имеются некоторые сведения о влиянии процессов, происходящих в разломных зонах, на биосферу и человека. В зоне этих дислокаций происходят климатические и геофизические изменения на границе литосфера-атмосфера: изменяется атмосферное давление, количество осадков, температура воздуха и почвы, химический состав газов, электромагнитные свойства атмосферы, в том числе интенсивность низкочастотного излучения и др. В центре тектонических узлов наблюдается динамика снежного покрова, дихотомия сосны, повышены пирогенные кластеры и плотность грозовых явлений<sup>4</sup>. Эндеогенные геофизические факторы и активные тектонические структуры влияют на морфологические свойства ценообразующих видов деревьев, и эти изменения служат индикаторами геологических структур<sup>5</sup>. В аналогичных регионах достоверно изменяются морфометрические показатели растений брусники: масса и количество листьев и побегов в центре узла значительно выше, однако урожайность брусники существенно ниже<sup>6</sup>. Отмечено влияние локальных геофизических факторов, связанных с активной тектоникой, на массовое проявление рецессивного признака отсутствие горечи в плодах *L. saerulea* и уровень изменчивости их морфологических признаков<sup>7</sup>. Выявлено влияние молекулярного водорода на структурные изменения в листьях растений (увеличение хлоропластов и др.) и их оптические свойства<sup>8</sup>. С содержанием закиси азота, кислорода и диоксида углерода в тектонических зонах разлома связывают повышение массовых психозов и других психоневрологических заболеваний<sup>9</sup>. Повышенные концентрации озона в приземном слое атмосферы ослабляют иммунитет человека<sup>10</sup>.

Таким образом, в зонах тектонических дислокаций, где происходит постоянное выделение смеси газов, обнаруживаются изменения не только климатических и геофизических характеристик приземного слоя атмосферы, но и в структуре растений и растительных сообществ. Почвам в зонах тектонических дислокаций уделялось совсем мало внимания. Имеются лишь фрагментарные данные о содержа-

<sup>1</sup> Сывороткин В.Л. Глубинная дегазация земли и глобальные катастрофы. М.: Геоинформцентр, 2002. 250 с.; Ларин В.Н. Наша Земля (происхождение, состав, строение и развитие изначально гидридной Земли). М.: Агар, 2005. 248 с.

<sup>2</sup> Суханова Н.И., Трофимов С.Я., Полянская Л.М., Ларин Н.В., Ларин В.Н. Изменение гумусного состояния и структуры микробной биомассы в местах водородной эксгаляции // *Eurasian Soil Science*. 2013. № 2. С. 152–162; Суханова Н.И., Ларин Н.В., Кирюшин А.В. Влияние потока эндогенного водорода на химические свойства почв // *Геополитика и экогеодинамика регионов*. 2014. Т. 10. № 1. С. 214–220.

<sup>3</sup> Larin N., Zgonnik V., Rodina S., Deville E., Prinzhofe A., Larin V.N. "Natural Molecular Hydrogen Seepage Associated with Surficial, Rounded Depressions on the European Craton in Russia." *Natural Resources Research* 24.3 (2015): 369–383.

<sup>4</sup> Беляев В.В., Кутинов Ю.Г., Левачев А.В., Чистова З.Б. Влияние геоэкологических факторов среды на агроклиматические условия роста лесных и сельскохозяйственных культур в Архангельской области // *Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия Естественные науки*. 2007. № 2. С. 4–12; Беляев В.В., Старицын В.В. Влияние тектонических узлов на изменение урожайности черники (*Vaccinium Myrtillus L.*) и брусники (*Vaccinium Vitis-idaea L.*) в Архангельской области // *Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия Естественные науки*. 2012. № 2. С. 10–15.

<sup>5</sup> Шиманская Е.И., Вардуни Т.В., Вьюхина А.А., Чохели В.А. Разработка метода биотестирования недифференцированных факторов среды для территорий, приуроченных к зонам активных тектонических разломов, на основе анализа распределения морфологических изменений у ценообразующих видов деревьев // *Фундаментальные исследования*. 2013. № 6–5. С. 1178–1183.

<sup>6</sup> Беляев В.В., Кутинов Ю.Г., Левачев А.В., Чистова З.Б. Указ. соч.; Беляев В.В., Старицын В.В. Указ. соч.

<sup>7</sup> Боярских И.Г., Шитов А.В. Особенности внутривидовой изменчивости плодов *Lonicera Saerulea L.* в связи с активными геологическими процессами горного Алтая // *Вестник Томского государственного университета*. 2011. № 348. С. 143–147.

<sup>8</sup> Тимченко Е.В., Селезнева Е.А., Трегуб Н.В., Таскина Л.А., Тимченко П.Е. Экспериментальные исследования влияния водорода на оптические характеристики растений // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2014. Т. 16. № 1. С. 281–285.

<sup>9</sup> Белашев Б.З. Психотропные эффекты земных недр. Модели и механизмы [Электронный ресурс] // *Электронное научное издание Альманах Пространство и Время*. 2016. Т. 11. Вып. 1. Режим доступа: [http://j-spacetime.com/actual%20content/t11v1/PDF-files/2227-9490e-aprov\\_t\\_e-ast11-1.2016.64.pdf](http://j-spacetime.com/actual%20content/t11v1/PDF-files/2227-9490e-aprov_t_e-ast11-1.2016.64.pdf)

<sup>10</sup> Котельников С.Н. основные механизмы взаимодействия озона с живыми системами и особенности проблемы приземного озона для России // *Труды Института общей физики им. А.М. Прохорова*. 2015. Т. 71. С. 10–41.

нии микроэлементов в почве, изменении температуры<sup>1</sup>.

Информация о влиянии глубинного водородного флюида на почвенные свойства отсутствовала, поскольку существовало мнение, что молекулярный водород образуется в почве в результате деятельности микрофлоры<sup>2</sup>. Во-вторых, возникали трудности с отбором и транспортировкой газовых проб: в силу своих свойств водород легко проходит через любые перегородки. Однако сегодня стали доступны космические снимки с высоким разрешением, на которых хорошо видны скопления западин необычной круглой формы, и появились приборы, позволяющие измерять концентрации водорода в подпочвенном слое непосредственно в поле.

Первые наши исследования показали, что классические обыкновенные черноземы в зонах локального выделения эндогенного водорода меняют свои свойства в результате формирования в них интенсивного восстановительного режима. Резко увеличивается кислотность почвенного профиля, исчезают карбонатные новообразования, профиль становится полностью промытым от карбонатов. При увеличении общего содержания гумуса, происходит осветление гумусового горизонта, вследствие резкого изменения состава гумуса в сторону его фульватности<sup>3</sup>. В микробном сообществе почв зон выхода водорода также происходят существенные изменения. Снижается численность всех микробных форм и величины микробной биомассы в целом, а в структуре микробного сообщества большую долю занимают бактерии<sup>4</sup>.

Изменения режима в восстановительную сторону характерны и для почв в депрессионных элементах рельефа, не связанных с потоком глубинного водородного флюида<sup>5</sup>. Но динамика изменений и степень проявленности свойств от слегка переувлажненных до сильнопереувлажненных почв отличается от почв водородных западин<sup>6</sup>. По данным Л.В. Степанцовой<sup>7</sup>, на водоразделах Тамбовской равнины черноземовидные оподзоленные и подзолистые глееватые располагаются пятнами среди выщелоченных черноземов и приурочены к открытым лощинам и замкнутым блюдцам. Они поверхностного увлажнения и отличаются от окружающих их черноземов выщелоченных повышенной кислотностью, пониженным ОВП (до +150 и +50 мВ), обеднением основаниями и ухудшением агрофизических свойств.

Цель представленной работы – оценить состояние агрегатов в почвах на территориях с повышенным выделением молекулярного водорода. Агрегаты (различные фракции размером 1–10 мм) – это результат уникального почвообразовательного процесса. Их морфологические особенности, размер, физические и химические свойства сопряжены с типом почв, и они играют роль диагностического показателя горизонтов и типа почвы<sup>8</sup>.

### Объекты и методы исследования

Полевые исследования проводили в двух различных по водородному потоку регионах: в Воронежской области с повышенным выделением молекулярного водорода и в Ростовской области, где аналогичные потоки не обнаружены.

Район исследования водородных западин расположен в зоне действия Хоперского глубинного разлома (в окрестностях городов Поворино, Новохоперск, Борисоглебск). Здесь распространены черноземы обыкновенные, интенсивно используемые в сельском хозяйстве. Водораздельная часть изобилует западинами с выходами водорода разного размера и развитости со значительной концентрацией водорода на глубине 120 см. На период исследования она составляла в среднем 0,65% об, что намного превышает обычные концентрации в почвенном воздухе. Вне западин концентрация водорода была обычной, несколько ppm.

В качестве объектов исследования выбраны две западины разного диаметра и развитости.

**1 западина** (участок 1) имеет правильную круглую форму диаметром около 100 метров, глубиной 0,6 м. Западина исключена из сельскохозяйственного использования, но когда-то пахалась (около 15 лет назад), в профиле наблюдается старый пахотный горизонт. В настоящее время это залежный участок, зарастающий лугово-степной растительностью с редким кустарником. Разрезы залеже-

<sup>1</sup> Беляев В.В., Старицын В.В. Указ. соч.

<sup>2</sup> Минько О.И. Планетарная газовая функция почвенного покрова // Почвоведение. 1988. № 7. С. 59–75.

<sup>3</sup> Суханова Н.И., Ларин Н.В., Кирюшин А.В. Указ. соч.

<sup>4</sup> Суханова Н.И., Трофимов С.Я., Полянская Л.М., Ларин Н.В., Ларин В.Н. Указ. соч.; Чакмазян К., Полянская Л. Структура микробного сообщества серых почв западин Липецкой области как показатель их экологического состояния // Экология и биология почв. Материалы Международной научной конф. (Ростов-на-Дону, 17–19 нояб. 2014) / Отв. ред. К.Ш. Казеев. Ростов-н.Д.: Южный федеральный университет, 2014. С. 211–212.

<sup>5</sup> Зайдельман Ф.Р. Морфоглеогенез. Его визуальная и аналитическая диагностика // Почвоведение. 2004. № 4. С. 389–398; Он же. Теория образования светлых кислых элювиальных горизонтов почв и ее прикладные аспекты. М.: КРАСАНД, 2009. 239 с.

<sup>6</sup> Суханова Н.И., Трофимов С.Я., Полянская Л.М., Ларин Н.В., Ларин В.Н. Указ. соч.

<sup>7</sup> Степанцова Л.В. Агрофизические свойства, гидрологический режим и диагностика черноземовидных почв севера Тамбовской низменности. Дисс. ... д.биол.н. М., 2012. 319 с.

<sup>8</sup> См.: Зубкова Т.А., Карпачевский Л.О. Матричная организация почв. М.: РУСАКИ, 2001. 296 с.

ны на плоском дне западины, границе западины и вне ее.

По морфологическим показателям почвы дна западины видно, что в ней сильно проявлены восстановительные процессы, четко видны морфохроматические признаки оподзоливания и оглеения. В цветовом профиле присутствуют и сизоватый оттенок (в горизонте АЕ) и светлые пятна кремнезема (в горизонте Е) и рыжие пятна аморфной гидроокиси железа (в горизонтах Е, В). В нижней части горизонта В присутствуют ортштейны. В профиле почв нет вскипания и нет карбонатных новообразований, что резко отличает их от хорошо изученных полугидроморфных почв степи, профиль полностью промыт от карбонатов. Реакция среды очень кислая по всему профилю и колеблется от рН 4,17 до 5,03. Верхний гумусный горизонт имеет более светлую окраску, чем у чернозема. Кроме того, обращают на себя внимание ярко выраженные гумусовые кутаны по граням структурных отдельностей, прослеживаемые до большой глубины, что свидетельствует о значительной подвижности гумуса.

Почва границы западины, судя по положению в рельефе, практически не испытывает временного переувлажнения, но восстановительный процесс проявлен. Величина рН в верхнем горизонте несколько выше (6,14–6,23), но в нижней части профиля снижается до 5,71. Верхний гумусовый горизонт осветлен. Профиль почвы также промыт от карбонатов.

Почва, окружающая западину, чернозем обыкновенный с типичным морфологическим профилем.

**2 западина** (участок 2) развита на регулярной пашне размерами - в диаметре около 20 метров. Строго говоря, западиной ее назвать довольно трудно. Скорее, ее можно отнести к некоторому, едва заметному, мезопонижению поверхности, на которое, как правило, мало обращают внимания, а при площадном анализе изменений показателей свойств почв относят их к природному варьированию. На космическом снимке весной после вспашки она выглядела как сплошное белесое пятнышко на фоне окружающей темной поверхности черноземной почвы. На местности она была найдена по координатам и по состоянию растительности. Скорее всего, это начальная стадия формирования западины.

Западина столь мала, что вряд ли весенние воды могут собраться в ней в том количестве, которое значимо повлияет на почвенные свойства. Тем не менее, верхний гумусный горизонт ее осветлен, что видно даже невооруженным глазом; в профиле полностью отсутствуют карбонатные новообразования, нет вскипания по всему профилю. Величины рН очень низкие по всему почвенному профилю (4,87–5,37).

Почва, окружающая западину, чернозем обыкновенный с типичным морфологическим профилем. Почвенные разрезы заложены в центре западины и вне западины.

**3 западина** расположена в Зерноградском районе Ростовской области. Она географически не связана с глубинными разломными зонами, сформирована в соответствии с рельефом местности и питается атмосферными и стоковыми водами. Это мочар<sup>1</sup> неправильной формы с типичными свойствами, определяемыми временным переувлажнением в степной зоне. Окружающая почва – чернозем обыкновенный североазовский. Водородометрия показала на глубине 120 см концентрации водорода 0–5 ppm, такие же, как в атмосферном воздухе.

Нумерация почвенных разрезов возрастает в порядке удаления от центра западины (рис. 1).

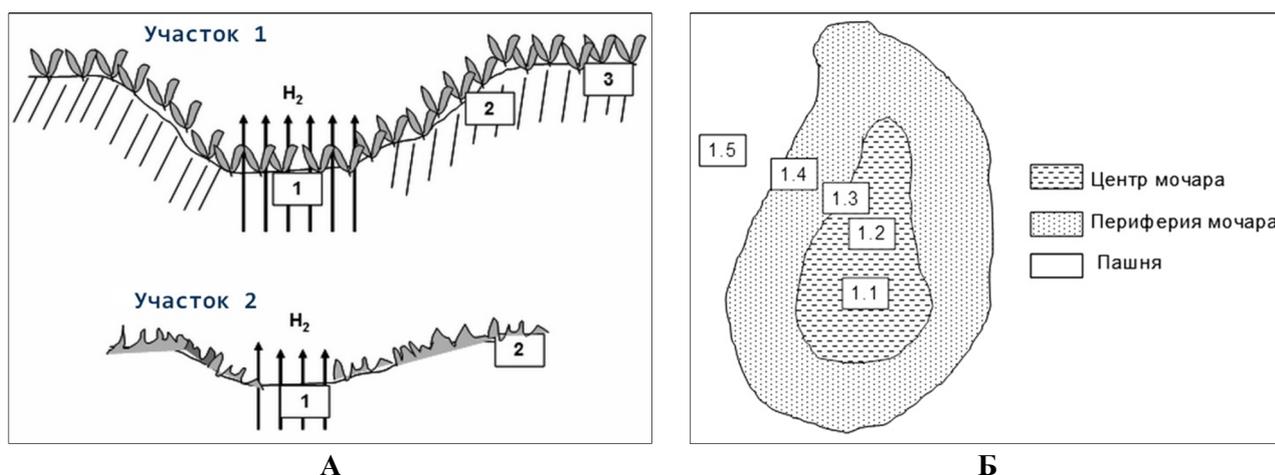


Рис. 1. Схема расположения разрезов черноземов обыкновенных среднесуглинистых Воронежской области (А) и черноземов обыкновенных тяжелосуглинистых Ростовской области, вид сверху (Б)

Поток молекулярного водорода измеряли переносным газоанализатором водорода ВГ-3В (Россия).

<sup>1</sup> Мочар (мочарник) – место на участках, к поверхности которого свободно проходит грунтовая вода. (Прим. ред.).

Состояние агрегатов оценивали по их механической прочности (Р<sub>агр</sub>). Эта характеристика объединяет как физические свойства почвы (гранулометрический состав, площадь удельной поверхности, порозность), так и химические свойства поверхности<sup>1</sup>. Преимущество этого метода исследования агрегатов в том, что определение проводится с естественными воздушно-сухими агрегатами, без предварительного нарушения их целостности и с высокой повторностью. Прочность агрегатов (Р<sub>агр</sub>) определяли методом прямого механического раздавливания на приборе (модифицированная модель МП-2С) в 35–40-кратной повторности и выражали в единицах силы, кГ<sup>2</sup> с последующим пересчетом в ньютон по формуле  $N = kГ/9,8$ . Статистическую обработку результатов проводили в программе Statistica-6.0. Исследовали две агрономически ценные агрегатные фракции: со средним диаметром 2–3 мм и 3–5 мм. Общее содержание органического вещества определяли по Тюрину.

### Результаты и обсуждение

На рис. 2 представлены статистики распределения механической прочности агрегатов (фракции размером 2–3 мм и 3–4 мм) из черноземов обыкновенных североприазовской фации Ростовской области по разрезам: 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5. На отдельных диаграммах показаны результаты для двух верхних горизонтов: 0–27 см и 27–50 см (рис. 2).

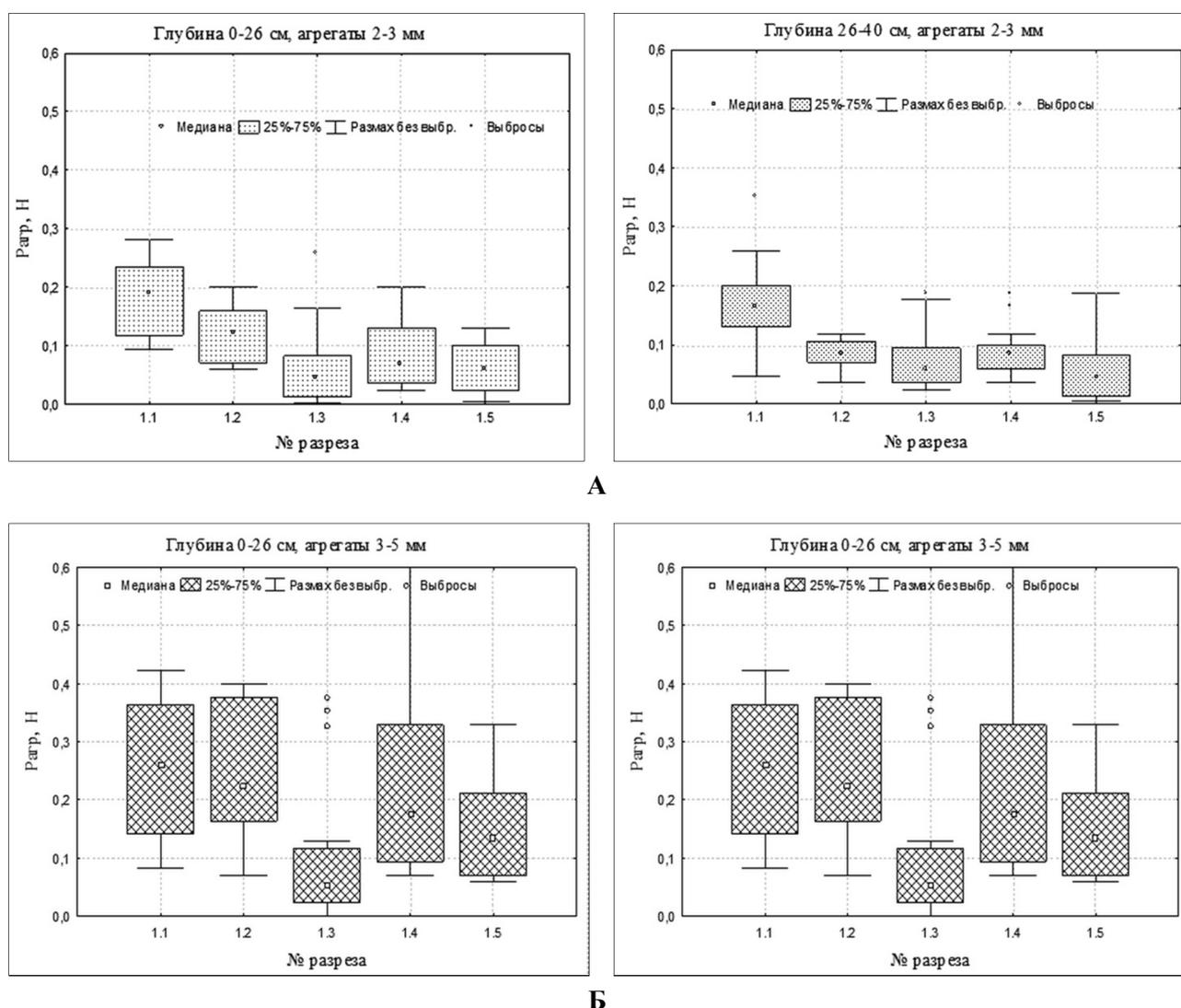


Рис. 2. Диаграммы размаха механической прочности агрегатов со средним диаметром 2–3 мм (А) и 3–5 мм (Б) в черноземах обыкновенных тяжелосуглинистых Ростовской области

Для двух агрегатных фракций наблюдается уменьшение их прочности по мере удаления из цен-

<sup>1</sup> Зубкова Т.А., Карпачевский Л.О. Указ. соч.

<sup>2</sup> Там же.

тра мочара. В центральной части мочара, где почвы испытывают периодическое переувлажнение, агрегаты – высокопрочные: в среднем  $R_{agr} = 0,18–0,20$  Н для агрегатов 2–3 мм и 0,28 Н для агрегатов 3–5 мм. По мере удаления от центра их прочность снижается в среднем в 3 раза, достигая минимума в разрезе 1.5 (за пределами западины): в среднем 0,05 Н для агрегатов 2–3 мм и 0,1–0,15 Н для фракции 3–5 мм. Причем на глубинах 26–40 см эта зависимость проявляется заметнее. Разброс данных выше в верхних горизонтах по сравнению с подпахотными, причем, как для агрегатов 2–3 мм, так и для фракции 3–5 мм. Таким образом, механическая прочность агрегатов максимальная в центре западины, в условиях периодического переувлажнения и заболачивания, без участия потоков эндогенного водорода. Полученные результаты согласуются с почвенными особенностями аналогичных западин в Тамбовской равнине, для которых характерны повышенная плотность, ухудшение структурного состояния с образованием глыбистых агрегатов, а также понижение межагрегатной пористости и размеров внутриагрегатных пор<sup>1</sup>.

Для почв Воронежской области, где идут потоки эндогенного водорода, наблюдается обратная связь в депрессионных элементах рельефа. В ряду от центра западины к периферии механическая прочность агрегатов растет (рис. 3, 4). И проявляется это как в большой западине, участок 1 (рис. 3), так и в малой, участок 2 (рис. 4).

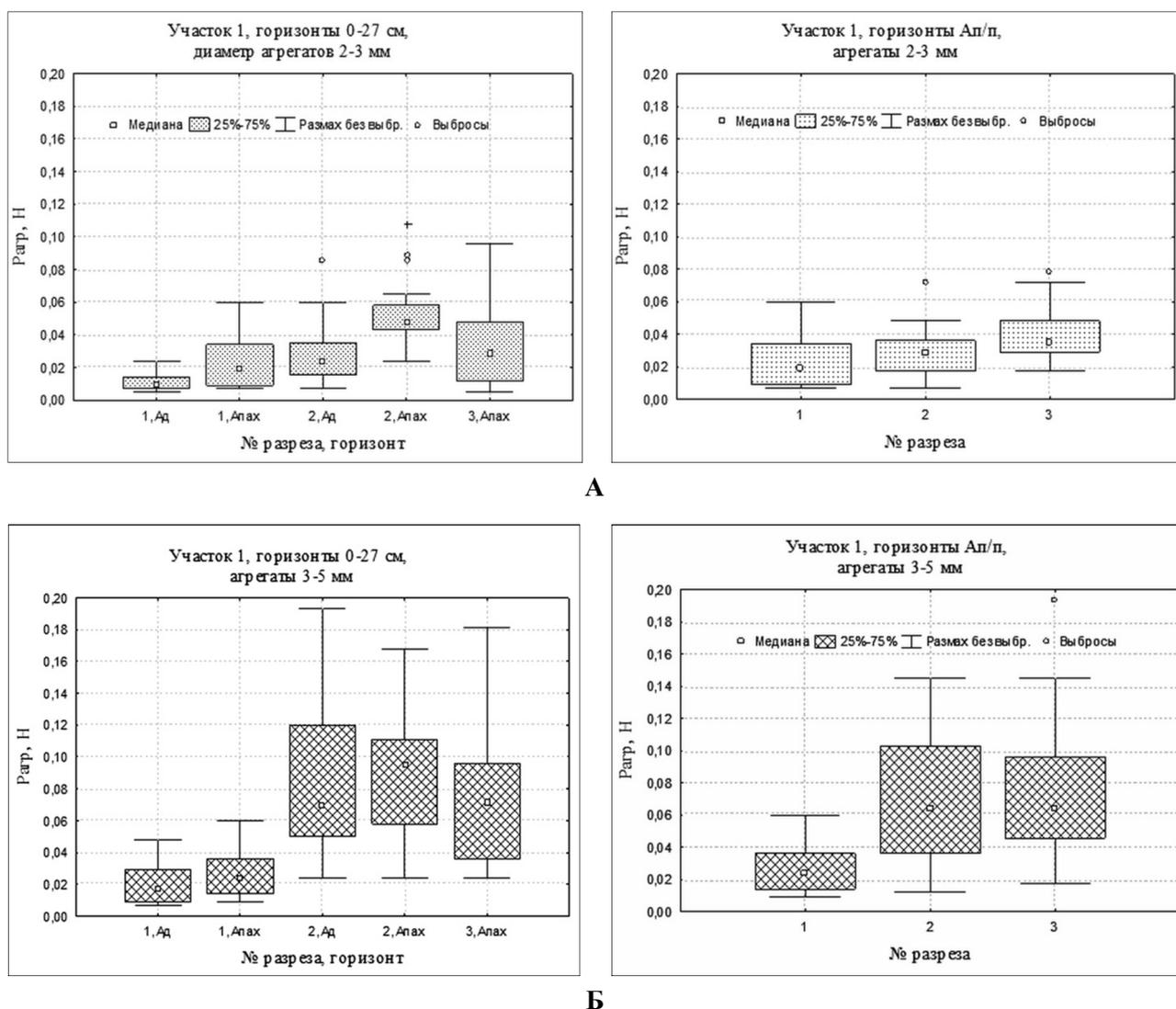


Рис. 3. Диаграммы разброса механической прочности агрегатов из верхних горизонтов черноземов обыкновенных среднесуглинистых Воронежской области, участок 1(большая западина)

<sup>1</sup> Степанцова Л.В. Указ. соч.

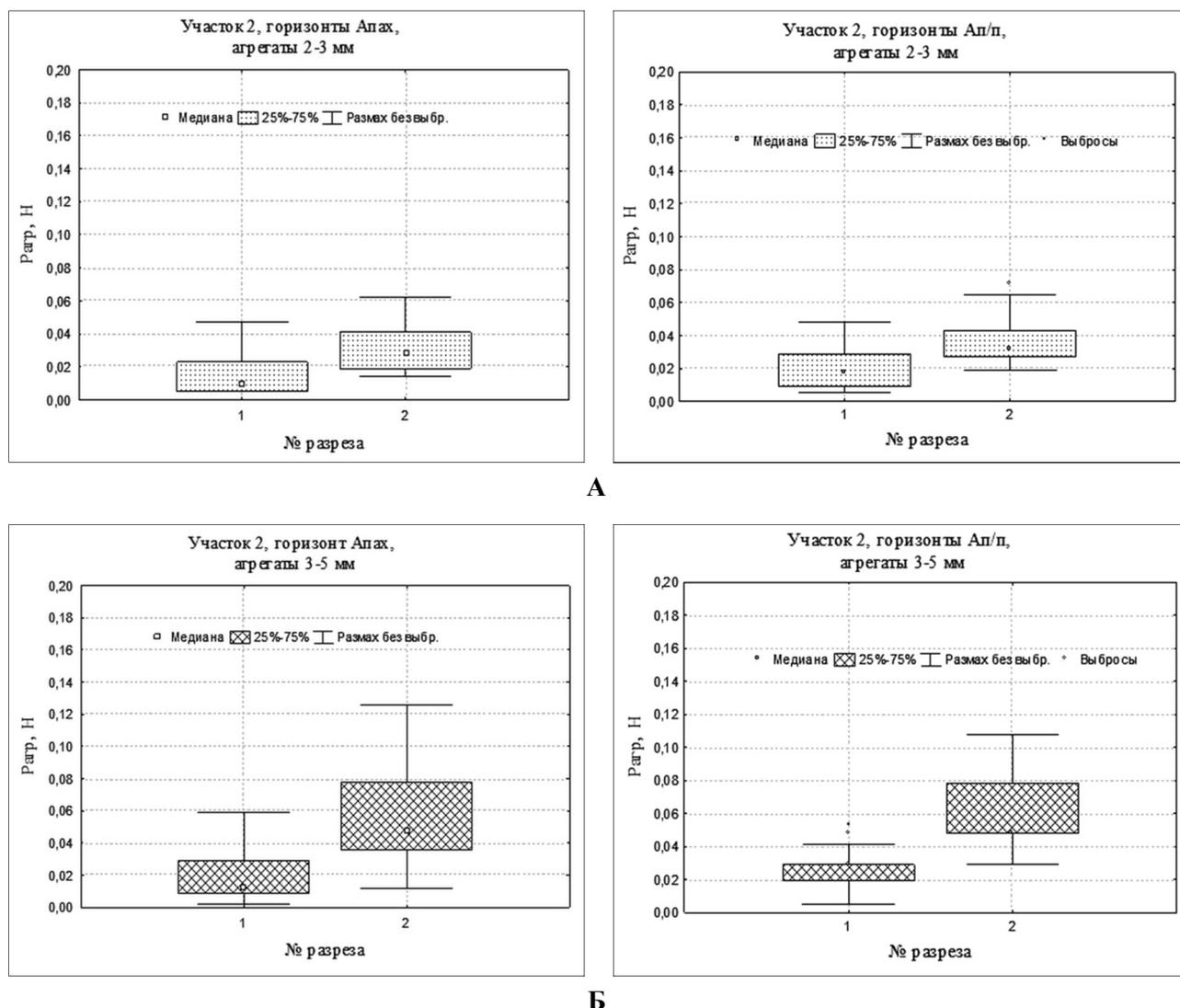


Рис. 4. Диаграммы разброса механической прочности агрегатов из верхних горизонтов черноземов обыкновенных среднесуглинистых Воронежской области, участок 2 (малая западина)

На участке 1 в центре западины агрегаты обладали слабыми структурными связями и оказались низкоустойчивыми к механическим нагрузкам. Сила раздавливания для агрегатов 2–3 мм была 0,01–0,02 Н, а для агрегатов 3–5 мм  $Pa_{гр} = 0,02–0,03$  Н.

На участке 2 наблюдалась аналогичная картина: в центре западины агрегаты 2–3 мм прочность соответствовала 0,01–0,02 Н, а в более крупной агрегатной фракции 3–5 мм  $Pa_{гр} = 0,015–0,03$  Н. В почве за пределами западины, которая служила контролем, прочность агрегатов возрастала в среднем в 2–3 раза. Причем на большой западине разница между центром и контролем была больше, чем на малой.

Следует отметить, что механическая прочность воздушно-сухих агрегатов из почв Ростовской области превосходит в 4–5 раз прочность агрегатов из Воронежской области. Это связано с различием почв по гранулометрическому составу. Тяжелый гранулометрический состав создает условия для тесного межчастичного контактирования с высоким числом контактов по сравнению с почвами более легкого гранулометрического состава<sup>1</sup>. Черноземы обыкновенные Ростовской области - тяжелоуглинистые, а в Воронежской области – среднесуглинистые, ближе к легкоуглинистым.

Таким образом, в условиях потока молекулярного водорода в почвах происходят изменения на агрегатном структурном уровне в направлении снижения механической прочности агрегатов. Аналогичное действие водорода отмечалось и в известняковых породах. С.П. Левшунова<sup>2</sup> показала, что

<sup>1</sup> Зубкова Т.А., Карпачевский Л.О. Указ. соч.

<sup>2</sup> Левшунова С.П. Водород и его биогеохимическая роль в образовании углеводородных газов в осадочных породах земной коры. Автореф. дисс. ... д.г.-м.н. М., 1994.

разрушение содержащих водород известняков будет происходить активнее, по сравнению с не содержащими водород породами, т.е. первые в большей степени будут подвергаться трещиноватости. Она установила, что твердость насыщенных водородом известняков в момент хрупкого разрушения уменьшилась в 1,5–1,7 раза, по сравнению с ненасыщенными водородом теми же, известняками.

Формирование агрегатов происходит при непосредственном участии органического вещества почвы, поэтому свойства агрегатов находятся в тесной связи с общим количеством и качеством почвенного гумуса. Однако в исследуемых почвах наблюдались противоположные зависимости (рис. 5).

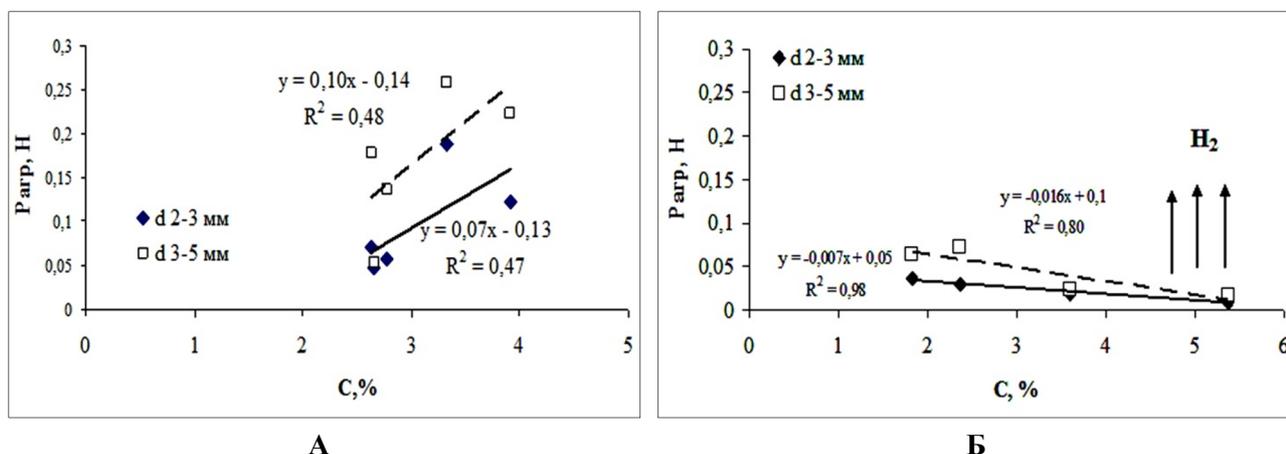


Рис. 5. Зависимость механической прочности агрегатов от содержания гумуса в почвах западин Ростовской области (А) и Воронежской (Б)

При отсутствии водородных флюидов (Ростовская область) отмечается пропорциональная связь прочности агрегатов от содержания гумуса в почве (рис. 5А) с определенной долей разброса данных ( $R^2 = 47-48$ ).

При участии эндогенного фактора – газы флюиды с преимущественным потоком молекулярного водорода – картина меняется на противоположную: в ряду от центра западины к периферии снижается содержание гумуса и возрастает прочность агрегатов (рис. 5Б). Удивляет высокая корреляция и низкий разброс данных ( $R^2 = 0,80-0,98$ ), что нехарактерно для открытых природных экосистем, к которым относится почва. Это можно объяснить только воздействием более мощного фактора, нивелирующего действие других. Вполне вероятно, этим мощным фактором могут быть потоки эндогенного водорода. Обращает на себя внимание следующее: в условиях потока водородных флюидов в западинах содержание гумуса увеличивается. Тем не менее, прочность агрегатов падала, хотя, как известно, гумус – один из структурообразующих компонентов почвы, и логичнее было бы ожидать упрочнения агрегатов. Возможно, в условиях водородных флюидов происходят качественные изменения гумуса, что и приводит к снижению механической прочности агрегатов.

### Выводы

1. В условиях потока водородных флюидов в почвах происходят изменения на агрегатном структурном уровне в направлении снижения механической прочности агрегатов. В центре западины агрегаты обладали слабыми структурными связями и оказались неустойчивыми к механическим нагрузкам: их прочность снижена в 2–3 раза по сравнению с контролем. Причем на большой западине разница между центром и контролем была выше, чем на малой западине.
2. В условиях периодического переувлажнения и заболачивания, без участия потоков эндогенного водорода, агрегаты в почвах центра западины отличались высокой прочностью: механическая прочность в 3 раза превосходила значения на контроле (за пределами западины).
3. Механическая прочность воздушно-сухих агрегатов из черноземов обыкновенных Ростовской области превосходит в 4–5 раз прочность агрегатов из Воронежской области, что связано с различием почв по гранулометрическому составу.
4. В черноземах обыкновенных в условиях отсутствия потоков эндогенного водорода прочность агрегатов возрастала пропорционально содержанию органического вещества. В черноземах обыкновенных на территории с повышенным потоком молекулярного водорода установлена обратная связь

механической прочности агрегатов с общим содержанием органического вещества, причем связь очень тесная ( $R^2 = 0,80-0,98$ ).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Безуглова О.С., Назаренко О.Г. Генезис и свойства мочаристых почв Предкавказья // Почвоведение. 1998. № 12. С. 1423–1430.
2. Белашев Б.З. Психотропные эффекты земных недр. Модели и механизмы [Электронный ресурс] // Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. 2016. Т. 11. Вып. 1. Режим доступа: [http://j-spacetime.com/actual%20content/t11v1/PDF-files/2227-9490e-aprov\\_t\\_e-ast11-1.2016.64.pdf](http://j-spacetime.com/actual%20content/t11v1/PDF-files/2227-9490e-aprov_t_e-ast11-1.2016.64.pdf)
3. Беляев В.В., Кутинов Ю.Г., Левачев А.В., Чистова З.Б. Влияние геоэкологических факторов среды на агроклиматические условия роста лесных и сельскохозяйственных культур в Архангельской области // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия Естественные науки. 2007. № 2. С. 4–12.
4. Беляев В.В., Старицын В.В. Влияние тектонических узлов на изменение урожайности черники (*Vaccinium Myrtillus L.*) и брусники (*Vaccinium Vitis-idaea L.*) в Архангельской области // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия Естественные науки. 2012. № 2. С. 10–15.
5. Боярских И.Г., Кукушкина Т.А. Влияние геологической активности на увеличение полиморфизма ценных для интродукции признаков жимолости синей // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2009. № 12. С. 28–33.
6. Боярских И.Г., Шитов А.В. Особенности внутриволюционной изменчивости плодов *Lonicera Caerulea L.* в связи с активными геологическими процессами горного Алтая // Вестник Томского государственного университета. 2011. № 348. С. 143–147.
7. Зайдельман Ф.Р. Морфоглеогенез. Его визуальная и аналитическая диагностика // Почвоведение. 2004. № 4. С. 389–398.
8. Зайдельман Ф.Р. Теория образования светлых кислых элювиальных горизонтов почв и ее прикладные аспекты. М.: КРАСАНД, 2009. 239 с.
9. Зубкова Т.А., Карпачевский Л.О. Матричная организация почв. М.: РУСАКИ, 2001. 296 с.
10. Котельников С.Н. основные механизмы взаимодействия озона с живыми системами и особенности проблемы приземного озона для России // Труды Института общей физики им. А.М. Прохорова. 2015. Т. 71. С. 10–41.
11. Ларин В.Н. Наша Земля (происхождение, состав, строение и развитие изначально гидридной Земли). М.: Агар, 2005. 248 с.
12. Левшунова С.П. Водород и его биогеохимическая роль в образовании углеводородных газов в осадочных породах земной коры. Автореф. дисс. ... д.г.-м.н. М., 1994.
13. Минько О.И. Планетарная газовая функция почвенного покрова // Почвоведение. 1988. № 7. С. 59–75.
14. Минько О.И. Фармаковский Л.А. Интенсивность образования водорода и метана в почве в зависимости от ее влажности // Почвоведение. 1992. № 5. С. 139–144.
15. Степанцова Л.В. Агрофизические свойства, гидрологический режим и диагностика черноземовидных почв севера Тамбовской изменности. Дисс. ... д.биол.н. М., 2012. 319 с.
16. Суханова Н.И., Ларин Н.В., Кирюшин А.В. Влияние потока эндогенного водорода на химические свойства почв // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2014. Т. 10. № 1. С. 214–220.
17. Суханова Н.И., Трофимов С.Я., Полянская Л.М., Ларин Н.В., Ларин В.Н. Изменение гумусного состояния и структуры микробной биомассы в местах водородной эксгалляции // Eurasian Soil Science. 2013. № 2. С. 152–162.
18. Сывороткин В.Л. Глубинная дегазация земли и глобальные катастрофы. М.: Геоинформцентр, 2002. 250 с.
19. Сывороткин В.Л. Озоновые аномалии над Воронежем – индикаторы глубинной дегазации // Литология и полезные ископаемые Центральной России. Материалы к литологическому совещанию. Воронеж, 2000. С.81–82.
20. Тимченко Е.В., Селезнева Е.А., Трегуб Н.В., Таскина Л.А., Тимченко П.Е. Экспериментальные исследования влияния водорода на оптические характеристики растений // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 1. С. 281–285.
21. Чакмазян К., Полянская Л. Структура микробного сообщества серых почв западин Липецкой области как показатель их экологического состояния // Экология и биология почв. Материалы Международной научной конференции (Ростов-на-Дону, 17–19 нояб. 2014) / Отв. ред. К.Ш. Казеев. Ростов-н.Д.: Южный федеральный университет, 2014. С. 211–212.
22. Шиманская Е.И., Вардуни Т.В., Вьюхина А.А., Чохели В.А. Разработка метода биотестирования недифференцированных факторов среды для территорий, приуроченных к зонам активных тектонических разломов, на основе анализа распределения морфологических изменений у ценнообразующих видов деревьев // Фундаментальные исследования. 2013. № 6–5. С. 1178–1183.
23. Larin N., Zgonnik V., Rodina S., Deville E., Prinzhofer A., Larin V.N. "Natural Molecular Hydrogen Seepage Associated with Surficial, Rounded Depressions on the European Craton in Russia." *Natural Resources Research* 24.3 (2015): 369–383.

Цитирование по ГОСТ Р 7.0.11—2011:

Зубкова, Т. А., Суханова, Н. И. Особенности почвенных агрегатов в условиях выделения эндогенного водорода / Т.А. Зубкова, Н.И. Суханова // Пространство и Время. — 2018. — № 1—2(31—32). — С. 215—223. DOI: 10.24411/2226-7271-2018-11081. Стационарный сетевой адрес: 2226-7271prov\_r\_st1\_2-31\_32.2018.81.