

В.А. Исаев, кандидат сельскохозяйственных наук
 В.П. Белобров, доктор сельскохозяйственных наук
 С.А. Юдин, кандидат биологических наук
 А.А. Воронин, кандидат сельскохозяйственных наук
 Д.С. Фомин, младший научный сотрудник
 Н.Р. Ермолаев, аспирант
 Ю.А. Духанин, доктор сельскохозяйственных наук
 А.Л. Иванов, академик РАН
 ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева»
 РФ, 119017, Москва, Пыжевский пер. 7, стр. 2
 Ю.И. Чевердин, доктор биологических наук
 В.А. Беспалов, кандидат биологических наук
 Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева
 РФ, 397463, Воронежская обл., Таловский р-н, пос. 2
 E-mail: isva@mail.ru

УДК 631.474

DOI:10.30850/vrsn/2021/3/54-60

ПОЧВО-ГРУНТОВЫЕ ВОДЫ (ВЕРХОВОДКА) В ЧЕРНОЗЕМАХ КАМЕННОЙ СТЕПИ

На примере одного из водораздельных участков степи, где ведутся многолетние научные исследования по минимизации агротехнических приемов возделывания сельскохозяйственных культур, изучен почвенно-геоморфологический профиль длиной 1 км, на котором пробурено 8 скважин, до уровня грунтовых вод с отбором проб воды на минерализацию и химический состав. Результаты показали, что в профиле черноземов отсутствуют визуальные признаки оглеения, уровень грунтовых вод (УГВ) коррелирует с дневной поверхностью рельефа, а в почвенно-грунтовой толще на глубине 2,0–3,9 м выделяется горизонт «шоколадной» глины, формирующий локальный водоупор. Сульфатно-натриевый состав пресных вод потенциально опасный для засоления черноземов при высоком стоянии УГВ. Верховодка, опресняя грунтовые воды, расположенные над водоупором, выполняет роль локального фактора рассоления почвенно-грунтовой толщи отложений. С 2013 года в Каменной степи, по данным колодца № 1, УГВ постоянно находится на глубине свыше 7 м, что может привести к очередной природно-антропогенной аридизации. В условиях недостатка поверхностной влаги рекомендуем прямой посев, как фактор снижения испаряемости и накопления влаги в черноземах степи.

Ключевые слова: уровень грунтовых вод, вскипание, карбонатность, микрорельеф, минерализация, технология земледелия.

V.A. Isaev, *PhD in Agricultural sciences*
 V.P. Belobrov, *Grand PhD in Agricultural sciences*
 S.A. Yudin, *PhD in Biological sciences*
 A.Ya. Voronin, *PhD in Agricultural sciences*
 D.S. Fomin, *junior researcher*
 N.R. Ermolaev, *PhD student*
 Yu.A. Dukhanin, *Grand PhD in Agricultural sciences*
 A.L. Ivanov, *Academisian of RAS*
 FRC «V.V. Dokuchaev Soil Science Institute»
 RF, 119017, g. Moskva, Pyzhevskij per., 7, str. 2
 «Yu.I. Cheverdin, *Grand PhD in Biological sciences*
 V.A. Bepalov, *PhD in Biological sciences*
 V.V. Dokuchaev «Voronezh FASC»
 RF, 397463, Voronezhskaya obl., Talovskij r-n, pos. 2
 E-mail: isva@mail.ru

SOIL AND SUBSOIL WATERS (TOP WATER) IN THE STONE STEPPE CHERNOZEMIC SOILS

Upper groundwater level (*verhovodka*) is considered as one of the factors of soil waterlogging associated with both the natural features of the territory and anthropogenic impact. On the case of one of the watershed areas of the steppe, where many years of scientific research are being conducted to assess the minimization of agrotechnical methods of cultivation of agricultural crops, a soil-geomorphological profile 1 km long was studied on which 8 wells were drilled, to a depth of groundwater with water sampling for salinity and chemical composition. The results showed that there are no visual signs of gleying in the profile of chernozems, the groundwater level correlates with the daytime surface of the relief, and in the soil-ground layer at depths of 2.0–3.9 m there is a horizon of «chocolate» clay, which forms a local aquiclude. Sulphate-sodium composition of fresh waters potentially dangerous for the salinization of chernozems at a high level of GWL (ground water level). *Verhovodka* is important to desalinating groundwater located above the confining layer, playing the role of a local factor of desalinization of the soil-ground layer of sediments. Since 2009, in the Kamennaya Steppe, according to the data of the main hydrogeological well No. 1, the GWL is constantly at a depth of over 7 m, which characterizes the beginning of the next natural-anthropogenic aridization. In conditions of a lack of surface moisture, no-till techniques should be recommended as a factor in reducing evaporation and moisture accumulation in the steppe chernozems.

Key words: ground water level, effervescence, carbonate, microrelief, mineralization, farming technology.

Настоящая работа продолжает серию статей [4, 5], посвященных проблеме динамики факторов почвообразования черноземов и их влияния на земледелие в Каменной степи. Один из таких факторов – верховодка – природно-климатический временной показатель почвенно-грунтового гидроморфизма обыкновенных и типичных черноземов степи. Верховодку и УГВ в черноземах Каменной степи изучали многие специалисты: Г.Ф. Басов, М.Н. Грищенко, С.В. Овечкин, Н.Б. Хитров, Ю.И. Чевердин, Ю.Н. Зборищук, И.Ф. Поротиков и др. По мнению большинства из них, главная причина ее возникновения – двучленное строение почвенно-грунтовой толщи и тяжелый гранулометрический состав почвообразующих и подстилающих пород, создающих временный водоупор, преимущественно в фазе разгрузки поверхностных вод после таяния снега весной и в результате летних ливневых атмосферных осадков, превышающих среднемесячные нормы.

Приведем несколько определений верховодки, расположенных в порядке убывания по времени их публикации: 1) «...временно возникающий локальный водонасыщенный горизонт почвы или осадочной породы, не имеющий гидравлической связи с грунтовыми водами» [7]; 2) «...временное скопление подземных вод в зоне аэрации над поверхностью отдельных слоев и линз, обладающих слабой проницаемостью» [6]; 3) «...свободная гравитационная влага, образующая временный водоносный горизонт, находящийся в почвенной толще» [10]; 4) «...безнапорные подземные воды в зоне аэрации, не имеющие сплошного распространения. Периодически накапливаются за счет интенсивных осадков и исчезают в результате испарения и перетекания в более глубокие горизонты» [14]; 5) «...это не вполне определенный гидрогеологический термин, означающий верхний горизонт грунтовых вод, часто временный, различного происхождения» [9]. Можно сделать вывод, что генезис верховодки, кроме самого раннего по времени определения, не связан с влиянием грунтовых вод и обусловлен лишь временным избыточным количеством атмосферных осадков.

Поскольку в Каменной степи трудно отделить верховодку от грунтовых вод, будем пользоваться распространенным термином «верховодка», хотя вполне подходящий – «почво-грунтовые» воды.

Крупномасштабные исследования верховодки черноземов в Каменной степи начали в 80-х годах прошлого столетия с усилением гидроморфизма почв. [4] Объективные предпосылки процессов переувлажнения черноземов были описаны в трудах В.В. Докучаева, где он рассматривал их в совокупности с другими «природными невзгодами», для борьбы с которыми предлагал комплекс мер (формирование систем лесополос, строительство каскадов прудов и систематического орошения, совершенствование систем земледелия). Для их успешной реализации потребовалась коренная мелиорация земель, своевременная и обоснованная коррекция мелиоративных мероприятий, постоянный временной и пространственный контроль (наблюдения) за происходящими изменениями в агроландшафтах, то есть фактически периодический мониторинг. Для этого была создана уникальная сеть гидроклиматических и почвенно-

геологических постов наблюдений, организована агрометеорологическая обсерватория.

Однако комплексное преобразование природы свелось преимущественно к лесопосадкам. Мониторинг и коррекцию мелиоративных проектов постепенно прекратили, лесополосы чахнут и гибнут, пересыхают пруды. Разработанные системы земледелия для черноземов не всегда дают ожидаемые результаты. Почвы уплотняются, снижается водопрочность агрегатов, на поверхности почв формируется корка, местами подкисляются, засоляются, осолонцовываются и переувлажняются. Предложения В.В. Докучаева были реализованы в локально-временной форме, причем длительность и комплексность мелиоративных мероприятий прерывались по разным причинам.

Во второй половине XX века стал проявляться процесс переувлажнения почв, не свойственный автоморфным черноземам. [3, 5, 7, 11] Увеличилось количество осадков, повысился УГВ и их минерализация. На фоне многолетнего влагосбережения и борьбы с эрозией, поверхностный сток сменился на внутриводный. [2] Из-за этого обострились проблемы использования в земледелии переувлажненных черноземов, их диагностика и таксономия. Оценка степени гидроморфизма почв, особенно в период глобальных изменений климатических параметров, а также в годовом цикле, определяет и разный характер применяемых технологий в земледелии, севооборотов, удобрений, методов борьбы с сорняками.

Цель работы – оценить состояние верховодки и УГВ в агрочерноземах Каменной степи на основе характеристики глубины залегания и минерализации грунтовых вод, особенностей рельефа и двучленности почвенно-грунтовой толщи.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объекты исследований – почвы и почвенный покров отдела земледелия площадью ~ 1 км², ограниченный со всех сторон лесополосами, с севера – лесополосой 133. В данной СПП господствуют черноземы типичные в комбинации с перерытыми и выщелоченными черноземами. [12] На расположенном в контуре опытном поле № 2 (координаты – 51°03' 16,1" с.ш. и 40°44' 45,4" в.д., размер – 250 x 75 м) с 2013 года изучается влияние обработок и прямого посева на свойства типичных черноземов (Chernozems).

Поверхность опытного поля имеет общий уклон на восток к балке Таловая. Детальные полевые работы проводили в конце августа 2018 года после уборки ячменя в самый сухой период времени. С севера на юг заложен гидрогеолого-геоморфологический профиль из 8 скважин глубиной до 4 м с замером УГВ и отбором воды на анализ. Описания почв и грунтов вели по образцам (кернам скважин) через 10 см, определяя вскипание, визуальные признаки оглеения, гранулометрический состав. Анализы выполнены в Испытательном лабораторном центре Почвенного института имени В.В. Докучаева.

Пробоподготовку к гранулометрическому составу выполняли на диспергаторе зондового типа Digital Sonifier 450 (Branson, USA). Образец почвы

массой 0,02...0,03 г помещали в пластиковый стакан с 15 мл дистиллированной воды и диспергировали при энергии 450 Дж/мл. Гранулометрический состав определяли методом лазерной дифракции на анализаторе размеров частиц Bluewave (Microtrac, USA).

Положение скважин намечали по типу рельефа и контролировали профильной съемкой (георадар «Лоза», Россия). По характеру дифракции электромагнитных волн в подповерхностной среде установили литологическую неоднородность почвообразующих и подстилающих пород и оценивали предварительную глубину залегания верховодки и/или грунтовых вод. Принимали во внимание характер растительности, так как предположили, что почвы под пятнами зеленых сорняков (дурнишник обыкновенный – *Xanthium strumarium*) более влажные, а водонасыщенный горизонт может быть расположен ближе к поверхности.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Поверхность опытного поля имеет полого-волнистый выровненный многолетней пахотой рельеф, что подтверждается плавными уклонами на север и юг соответственно 0,4 и 0,7 %. Максимальное превышение гребней «волн» над понижениями (следы «русел») составляет 1,45 м (см. рисунок). Нанорельеф, образованный вспашкой, характеризуется превышениями над основной поверхностью менее 0,5 м.

Черноземы сформированы на сильно карбонатных покровных суглинках разного цвета: бурых, коричневых, шоколадных, плотных, иловатых по гранулометрическому составу. Часто встречаются суглинки с морозобойными трещинами или усыхания, «работающие» как вертикальные дрены, через которые верховодка пополняется водой. [1] По генезису суглинки коричневого цвета представляют собой водные осадки, накопившиеся на поверхности морены после ухода ледника в пределах озер,

приуроченных к неровностям послеледникового рельефа. Гранулометрический состав пород, трещиноватость и пористость, обилие кротовин создают благоприятные условия для питания и циркуляции грунтовых вод в надморенных суглинках.

Вода в бурых (реже коричневых) покровных суглинках удерживается на тяжелых по гранулометрическому составу иловатых отложениях. Наиболее вероятные пути циркуляции воды в суглинках – многочисленные широкие вертикальные трещины, в настоящее время часто заполненные карбонатными новообразованиями. Степень карбонатности отдельных слоев сильно различается по степени вскипания и форме новообразований (от рыхлой белоглазки до журавчиков размером ~1 см).

Весной и после летних обильных дождей уровень грунтовых вод поднимается, профиль почвенно-грунтовой толщи насыщается влагой. Происходит, вероятно, смыкание верховодки с грунтовыми водами. В результате формируется временный водоносный горизонт (верховодка) на период, пока грунтовые воды за счет испарения и фильтрации не опустятся на свой сезонный или многолетний уровень.

По данным гранулометрического анализа нет существенной разницы между лёссовидными суглинками и более глубокими надморенными коричневыми отложениями, причем в обоих случаях преобладает фракция 0,05...0,005 мм (табл. 1). В какой-то степени это свидетельствует об однородности водоупорного и водовмещающего материала.

С 1892 по 2020 год в колодце № 1 Каменной степи УГВ изменялся в среднем по десятилетиям: 6,9 – 6,5 – 5,7 – 6,7 – 7,3 – 6,1 – 7,1 – 5,6 – 4,6 – 4,0 – 3,8 – 4,8 – 6,3 м. [1, 5] Эти колебания УГВ в 3 и более метров характеризуют два периода – засушливый, когда грунтовые воды на глубине 7...8 м, и влажный, продолжавшийся три десятилетия, начиная с 1977 года [5] Материнские и подстилающие породы насыщались водой на значительной площади,

Таблица 1.

Гранулометрический состав материнской породы почв Каменной степи

№ скважины	Глубина, см	Предполагаемая функция	Морфологический признак	Содержание, %		Гранулометрический состав
				ил	физическая глина	
2	290...300	Водовмещающая толща	Бурый суглинок	11	57	Суглинок тяжелый
	340...350	Водоупор	То же	9	46	То же
3	330...340	Водовмещающая толща	–//–	12	54	–//–
	400...410	Водоупор	«Шоколадная» глина	15	61	Глина легкая
4	260...270	Водовмещающая толща	Сильнокарбонатный суглинок	13	55	Суглинок тяжелый
	330...340	Водоупор	«Шоколадная» глина	16	64	Глина легкая
5	230...240	Водовмещающая толща	Карбонатная глина	15	62	То же
	270...280	Водоупор	«Шоколадная» глина	16	63	–//–
6	200...210	Водовмещающая толща	То же	16	64	–//–
	300...310	То же	–//–	17	65	–//–
	360...370	Водоупор	–//–	10	45	Суглинок тяжелый
7	200...210	Водовмещающая толща	–//–	16	64	Глина легкая
	240...250	То же	–//–	12	62	То же
	300...310	Водоупор	–//–	18	66	–//–
8	280...290	Водовмещающая толща	Бурый суглинок	10	51	Суглинок тяжелый
	350...360	Водоупор	То же	10	47	То же

что привело к локальному переувлажнению черноземов. [8, 12]

В 2009 году УГВ в колодце № 1 резко (за два предыдущих года) снизился на 2,5 м до отметки 6,6 м и по настоящее время постоянно находится на глубине 6,7...7,7 м. На фоне глобальных изменений климата последнее десятилетие относится к засушливому периоду, что подтверждается многочисленными проявлениями аридизации в Каменной степи в смене растительности, снижении уровня воды в водохранилище, пересыхании прудов, водоемов и колодцев.

Верховодка возникает и исчезает довольно быстро, с ней связаны темпы обводнения и иссушения почв, формирование влагозапасов и обеспеченность ими растений в вегетационный период. Основной фактор образования верховодки – тяжелый гранулометрический состав и двучленный характер пород. Не менее важен изменившийся в XX веке характер распределения осадков за год. На фоне их общего увеличения наблюдается одновременное повышение среднемесячных температур в зимний период. [5, 11] Формированию верховодки способствует динамика природных факторов почвообразования и антропогенное воздействие (лесоразведение, мелиорация, орошение, технологии земледелия в агроландшафтах степи, направленные на влагосбережение, защиту от водной эрозии, дефляции и т. д.).

Повышение температуры воздуха и уменьшение поступления влаги в почву за вегетационный сезон привели в последние годы к возрастанию степени аридизации почв на всей территории степи. Следует ожидать, что сухостепным условиям будут соответствовать не отдельные месяцы, а вегетационный период в целом, что может привести к потерям потенциала почвенного плодородия и снижению урожайности сельскохозяйственных культур.

Таким образом, наряду с глобальными и региональными изменениями климатических условий, локальные особенности почвообразующих и подстилающих пород определяют формирование верховодки и глубину ее залегания (годовая и сезонная).

Ниже приводятся краткие описания скважин с характеристикой морфометрических показателей свойств почв и грунтов (см. рисунок). Координаты

скважины: 1. – 51° 03' 08,8" с.ш. 40° 44' 42,4" в.д.; 2. – 51° 03' 34,6" с.ш. 40° 44' 51,6" в.д.

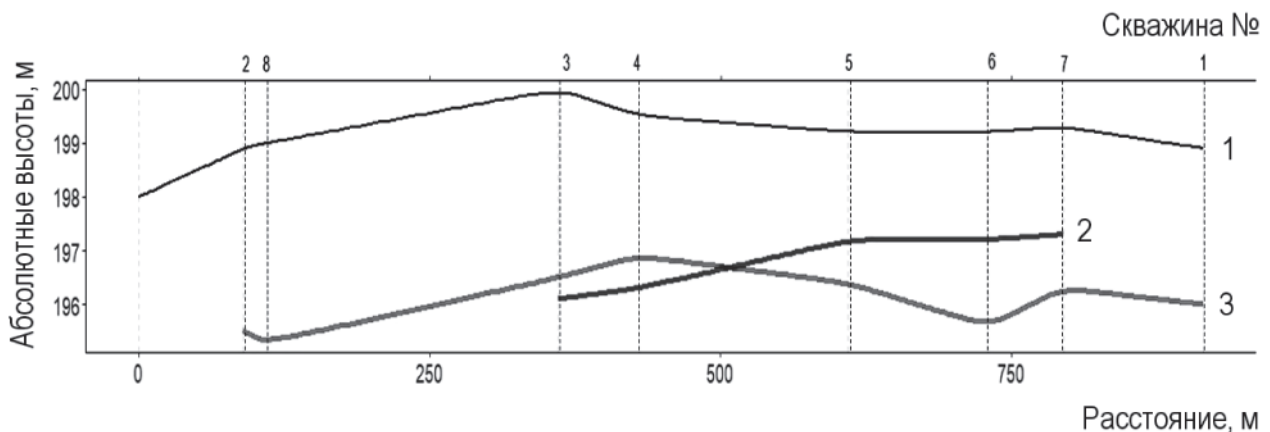
Скважина 1 расположена в тех же условиях рельефа, что и 2 и 8. Главная особенность – отсутствие горизонта «шоколадной» глины. Вода отобрана с глубины 2,9 м.

Скважина 2 заложена на пологом склоне, пятно дурнишника. Серо-бурый суглинок вскипает с 70 см, признаков оглеения нет, однородный по гранулометрическому составу; на глубине 200...240 см серо-бурый, влажный, непрочнокомковатый с многочисленной карбонатной плесенью и белоглазкой, тяжелый суглинок (глина); 240...300 см – сырой, буро-палевый тяжелый суглинок с редкими серыми затеками глинистого материала; 300...350 см – сырой, бурый с редкими серыми затеками, тяжелый суглинок; 350...400 см – буро-палевый, легкая глина. Вода с 3,4 м.

Скважина 3 находится на максимальной высоте гидрогеолого-геоморфологического профиля, поверхность почвы сухая. Серо-бурый суглинок вскипает с 70 см; на глубине 200...350 см влажный, бурый, бурно вскипающий от 10 % HCL тяжелый суглинок с редкими выцветами карбонатов и марганцевыми конкрециями размером 1...2 мм; 350...390 см – водонасыщенная (мокрая) бурая глина с обильными новообразованиями белоглазки; 390...450 см – водонасыщенная однородная «шоколадного» цвета глина, очень плотная, вскипает от 10 % HCL, вода в скважине напорного характера.

Скважина 4 на небольшом уклоне, стерне. Почвенная масса бурно вскипает с 60 см; на глубине 200...240 см серо-бурый тяжелый суглинок, влажный, с обильными выделениями белоглазки до 1...1,5 см; 240...260 см – мокрая, коричнево-бурая (не «шоколадная») глина с обильной белоглазкой, встречаются мелкие твердые конкреции 5...7 мм; 260...320 см – мокрый, подобен предыдущему тяжелый суглинок, с обильными выделениями белоглазки и журавчиков; 320...350 см – мокрая, однородная «шоколадная» глина, очень плотная, вскипает. Вода с 2,6 м.

Скважина 5 в понижении мезорельефа на пятно дурнишника. С глубины 120 см бурый, бурно вскипающий тяжелый суглинок с белоглазкой; 200...250 см – сырая очень плотная карбонатная



Гидрогеолого-геоморфологический профиль: 1 – дневная поверхность почвы, 2 – уровень залегания «шоколадной глины», 3 – УГВ.

глина с белоглазкой и мелкими (3...5 мм) твердыми конкрециями (журавчики); 250...300 см – мокрая, очень плотная «шоколадная» глина, пропитана карбонатами различных форм. Вода с 2,8 м.

Скважина 6 расположена в тех же условиях мезорельефа, что и 5, на пятне дурнишника. Темно-серая с буроватостью почвенная масса вскипает с глубины 50 см; 200...250 см – свежая, типичная «шоколадная» глина, слабо вскипает от HCL; 250...300 см – свежая карбонатная в разной степени «шоколадная» глина; 300...360 см – влажная, типичная «шоколадная» карбонатная глина; 360...400 см – мокрая, типичная «шоколадная» карбонатная глина, очень плотная из-за карбонатов насыщающих минеральную массу породы. Вода с 3,6 м.

Скважина 7 заложена на относительно ровной поверхности, стерне. Буровато-серая почвенная масса вскипает с 50 см; 200...260 см – типичная влажная «шоколадная» глина, пропитанная разными формами новообразований карбонатов (белоглазка, плесень, присыпка на гранях агрегатов и разломов); 260...300 см – сырая, а с 300...320 см – мокрая карбонатная «шоколадная» глина, при высыхании покрывается белым налетом из карбонатной плесени. Вода с 3,0 м.

Скважина 8 на склоне, пятно дурнишника. Свежая, серо-бурая почвенная масса вскипает с 60 см; 200...240 см – бурый с серым оттенком, влажный, непрочно ореховато-комковатый тяжелый суглинок, встречаются карбонаты в форме присыпки; 240...370 см – бурый с серым оттенком тяжелый суглинок, сырой, вскипает; глубже 370 см – вода.

Все скважины вскрывают близкую по гранулометрическому составу, но разнородную по цвету и карбонатности почвогрунтовую массу, особенно глубже 200 см. Глубина залегания «шоколадной» глины сильно варьирует (от 2 до 4 м) и не коррелирует с рельефом (см. рисунок). В скважине 2 на глубине 200...240 см залегает погребенная почва и/или перерытый землероями горизонт почвообразующей породы (привнесенный из гумусового горизонта минеральный материал, насыщенный органикой). В этой скважине, как в 1 и 8, пробуренной для контроля обнаруженного погребения, до глубины 4 м не была вскрыта «шо-

коладная» глина, что, по нашему мнению, говорит в пользу гипотезы о перерытости горизонта 200...240 см. Отсутствие «шоколадной» глины в этих скважинах маркирует более рыхлый и благоприятный для жизнедеятельности землероев материал. Вероятно, что «шоколадные» глины в качестве водоупора расположены гораздо глубже, определяя разный уровень залегания верховодки и грунтовых вод. Это связано с особенностями ее отложения на поверхности морены. Заполняя неровности, горизонт «шоколадной» глины формирует внутрипочвенный рельеф территории Каменной степи, определяющий УГВ в разных ее частях.

Визуальные признаки оглеения в образцах почв и грунта не были обнаружены, что характеризует автоморфность. Зеленые пятна сорняков маркируют мезопонижения рельефа и близкое подстиление «шоколадных» глин, что диагностирует переувлажненные с поверхности черноземы.

Можно констатировать, что в августе (в сухой период после уборки урожая) УГВ изменяется в скважинах проложенного профиля от 2,6 до 3,7 м и расположен за пределами достаточно условной трехметровой зоны проявления гидроморфизма и коррелирует с рельефом.

Минерализация грунтовых вод в Каменной степи отличается высокой пространственной и временной вариабельностью, но на водоразделе она редко превышает 2 г/л при сохранении закономерности: рН близок к нейтральному, преобладают анионы SO_4 или HCO_3 . Среди катионов доминирует Na, что может привести к засолению почв. [13]

Минерализация воды во всех скважинах менее 1 г/л (исключение скважина 1: 1,44 г/л – слабоминерализованная), воды пресные (табл. 2). Скважины расположены на небольшом расстоянии друг от друга и принадлежат к одному потоку грунтовых вод, а скважину 1 можно отнести к другому бассейну их питания. Реакция (рН) воды из всех скважин нейтральная. Выявлено повышенное содержание нитратов, поступающих, вероятно, не только из удобрений, но и при разложении органики из верхних горизонтов почвы.

Таблица 2.

Химический состав и минерализация вод из скважин

Показатель	Скважина							
	1	2	3	4	5	6	7	8
рН	7,20	7,48	7,39	7,48	7,00	7,15	7,49	7,53
Сухой остаток, г/дм ³	1,44	0,55	0,81	0,59	0,57	0,60	0,66	0,74
Щелочность общая, ммоль/дм ³	73,04	34,48	38,16	37,28	29,12	38,32	46,08	47,52
Перманганатная окисляемость, мг/дм ³	7,72	2,72	4,32	4,00	2,64	4,00	3,52	3,68
NO_3	87,29	162,55	211,28	53,10	166,29	49,12	97,99	106,19
SO_4	304,34	28,19	121,86	78,57	71,52	75,52	87,82	78,16
Cl	9,75	18,65	10,05	16,00	13,68	14,23	15,45	21,52
NH_4	1,980	0,198	0,377	0,360	0,597	0,404	0,352	0,413
Na	324,29	49,79	147,57	117,94	13,55	116,26	131,93	174,84
Ca	59,25	124,72	112,56	62,53	183,42	67,49	47,44	99,64
Mg	37,04	50,07	39,66	33,37	43,40	36,70	44,76	34,87
K	1,11	0,64	0,82	1,54	0,67	1,13	0,89	0,98

При ПДК для питьевой воды 45 мг/л в скважине 3 содержание NO_3 более 211 мг/л, возможно, связано с воздействием применяемых удобрений в условиях переувлажненных почв и пестроты почвенного покрова. Корреляция содержания NO_3 с элементами рельефа не обнаружена. Имеется достаточно стабильный состав анионов и катионов в водах, что отражает их грунтовое происхождение, в отличие от верховодки, которая, формируясь в почвенном профиле, зависит от особенностей и пестроты его минерального состава.

Полученные данные характеризуют локальную и низкую концентрацию солей в грунтовых водах на данном участке Каменной степи, что может говорить о воздействии на грунтовые воды пресных атмосферных осадков, поступающих с верховодкой.

Заключение. Современный почвенный покров Каменной степи существенно отличается от впервые увиденного В.В. Докучаевым в XIX веке. Засухи того времени были восприняты как бедствие и все усилия направлены на мелиоративные мероприятия по обводнению территории, созданию местных водохранилищ, что в совокупности с изменением климата, увеличением осадков и их распределением в течение года привело к переувлажнению почв. В результате исследований на опытных полях установлено, что спорадическое переувлажнение почв пока не сказалось на гидроморфизме профиля черноземов, поскольку отсутствуют визуальные признаки оглеения. Но это не дает оснований для «перевода» черноземов из разряда автоморфных в полугидроморфные и/или черноземно-луговые.

Вместе с тем, вода, находящаяся на глубине около 3 м, безусловно, оказывает влияние на водный режим почв в более обильные по осадкам весенне-летние месяцы, а также на период формирования верховодки.

Сульфатно-натриевый состав пока еще пресных вод исследованной территории может быть потенциально опасен для засоления черноземов. В этом процессе важную роль будет играть верховодка, смыкающаяся с более глубокими грунтовыми водами.

Устойчивый с 2012 года УГВ в Каменной степи (по данным колодца № 1) находится ниже 7 м. В марте 2021 года вода в колодце не появилась. Последние десятилетние наблюдения – начало очередной природно-антропогенной аридизации. Увеличение атмосферных осадков зимой способствует формированию верховодки к началу посевов, которая создает хороший влагозапас на весь летний вегетационный период.

Прогнозировать длительность наступившей аридизации, ориентируясь на цикличность имеющих метеоданных и УГВ по Каменной степи, дело ближайшего времени. Современная технология земледелия в степи, ориентированная на традиционную и частично минимизированную обработку почв, остается приоритетной там, где влияние верховодки хорошо выражено. При недостатке поверхностной влаги рекомендуется прямой посев – фактор снижения испаряемости и накопления влаги в почве, апробированный на примере засушливой зоны Ставрополя.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Алифанов, В.М. Палеокриогенез и разнообразие почв центра Восточно-Европейской равнины / В.М. Алифанов, Л.А. Гугалинская, А.Ю. Овчинников. – М.: ГЕОС, 2010. – 158 с.
- Гребенников, А.М. Влияние разных способов обработки агрочерноземов на их влажностный и температурный режим в условиях высокой обеспеченности почв влагой / А.М. Гребенников, В.А. Беспалов, В.А. Исаев и др. // Современное состояние черноземов. Мат. Межд. научн. конф.: в 2-х томах. – Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2018. – Том 1. – С. 376–383.
- Зборишук, Ю.Н. Состояние черноземов обыкновенных Каменной степи / Ю.Н. Зборишук, В.Т. Рымарь, Ю.И. Чевердин. – М.: МГУ им. Ломоносова, 2007. – 158 с.
- Исаев, В.А. Обзор исследований периодически избыточно-увлажненных почв в Каменной Степи / В.А. Исаев, А.Л. Иванов // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2020. – № 1. – С. 17–23.
- Исаев, В.А. Динамика факторов почвообразования и их влияние на технологию земледелия в Каменной степи / В.А. Исаев, А.Л. Иванов, В.П. Белобров. – Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. – 2020. – Вып. 104. – С. 5–30.
- Мониторинг земель: термины и определения Словарь-справочник. – М., 2003. – 402 с.
- Разумова, Н.В. Переувлажнение и подтопление почв и земель в Центральном регионе России / Н.В. Разумова, В.В. Разумов, Э.Н. Молчанов // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. – 2016. – Вып. 82. – С. 3–27.
- Сорокина, Н.П. Факторы дифференциации и агрогенной трансформации почвенного покрова распаханых склонов в Каменной Степи / Н.П. Сорокина // Каменная Степь: проблемы изучения почвенного покрова / Науч. тр. – М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2007. – С. 97–120.
- Толковый словарь по почвоведению. – М.: Наука, 1975. – 286 с.
- Физико-агрономический словарь. – С-Пб., 2000. – 137 с.
- Хитров, Н.Б. Распространение сезонно переувлажненных и затопленных почв в Каменной степи (2006) / Н.Б. Хитров, Ю.И. Чевердин // Каменная степь: проблемы изучения почвенного покрова. / Науч. тр. – М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2007. – С. 121–133.
- Хитров, Н.Б. Структура почвенного покрова Каменной Степи / Н.Б. Хитров // Разнообразие почв Каменной Степи / Науч. тр. – М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2009. – С. 41–71.
- Чевердин, Ю.И. Минерализация грунтовых вод и особенности соленакопления сезонно переувлажненных черноземных почв / Ю.И. Чевердин, И.Ф. Поротиков // Разнообразие почв Каменной степи / Науч. тр. – М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2009. – С. 145–158.
- Четырехязычный энциклопедический словарь терминов по физической географии. – М.: Сов. энциклопедия, 1980. – 703 с.

LIST OF SOURCES

- Alifanov, V.M. Paleokriogenez i raznoobrazie pochv centra Vostochno-Evropejskoj ravniny / V.M. Alifanov, L.A. Gugalinskaya, A.Yu. Ovchinnikov. – M.: GEOS, 2010. – 158 s.

2. Grebennikov, A.M. Vliyanie raznyh sposobov obrabotki agrochernozemov na ih vlazhnostnyj i temperaturnyj rezhim v usloviyah vysokoj obespechennosti pochv vlagoj / A.M. Grebennikov, V.A. Bespalov, V.A. Isaev i dr. // *Sovremennoe sostoyanie chernozemov. Mat. Mezhd. nauchn. konf.: v 2-h tomah.* – Rostov-na-Donu: Yuzhnyj federal'nyj universitet, 2018. – Tom 1. – S. 376–383.
3. Zborishchuk, Yu.N. Sostoyanie chernozemov obyknovennyh Kamennoj stepi / Yu.N. Zborishchuk, V.T. Rymar', Yu.I. Cheverdin. – M.: MGU im. Lomonosova, 2007. – 158 s.
4. Isaev, V.A. Obzor issledovaniy periodicheski izbytochno-uvlazhnyennyh pochv v Kamennoj Step'i / V.A. Isaev, A.L. Ivanov // *Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki.* – 2020. – № 1. – S. 17–23.
5. Isaev, V.A. Dinamika faktorov pochvoobrazovaniya i ih vliyanie na tekhnologiyu zemledeliya v Kamennoj stepi / V.A. Isaev, A.L. Ivanov, V.P. Belobrov. – *Byulleten' Pochvennogo instituta imeni V.V. Dokuchaeva.* – 2020. – Vyp. 104. – S. 5–30.
6. Monitoring zemel': terminy i opredeleniya Slovar'-spravochnik. – M., 2003. – 402 s.
7. Razumova, N.V. Pereuvlazhnenie i podtoplenie pochv i zemel' v Central'nom regione Rossii / N.V. Razumova, V.V. Razumov, E.N. Molchanov // *Byulleten' Pochvennogo instituta imeni V.V. Dokuchaeva.* – 2016. – Vyp. 82. – S. 3–27.
8. Sorokina, N.P. Faktory differenciacii i agrogennoj transformacii pochvennogo pokrova raspahannyh sklonov v Kamennoj Step'i / N.P. Sorokina // *Kamennaya Step': problemy izucheniya pochvennogo pokrova / Nauch. tr. – M.: Pochv. in-t im. V.V. Dokuchaeva, 2007. – S. 97–120.*
9. *Tolkovij slovar' po pochvovedeniyu.* – M.: Nauka, 1975. – 286 s.
10. *Fiziko-agronomicheskij slovar'.* – S-Pb., 2000. – 137 s.
11. Hitrov, N.B. Rasprostranenie sezonno pereuvlazhnyennyh i zatoplennyh pochv v Kamennoj stepi (2006) / N.B. Hitrov, Yu.I. Cheverdin // *Kamennaya step': problemy izucheniya pochvennogo pokrova. / Nauch. tr. – M.: Pochv. in-t im. V.V. Dokuchaeva, 2007. – S. 121–133.*
12. Hitrov, N.B. Struktura pochvennogo pokrova Kamennoj Step'i / N.B. Hitrov // *Raznoobrazie pochv Kamennoj Step'i / Nauch. tr. – M.: Pochv. in-t im. V.V. Dokuchaeva, 2009. – S. 41–71.*
13. Cheverdin, Yu.I. Mineralizaciya gruntovyh vod i osobennosti solenakopleniya sezonno pereuvlazhnyennyh chernozemnyh pochv / Yu.I. Cheverdin, I.F. Porotikov // *Raznoobrazie pochv Kamennoj stepi / Nauch. tr. – M.: Pochv. in-t im. V.V. Dokuchaeva, 2009. – S. 145–158.*
14. *Chetyrekh'yazychnyj enciklopedicheskij slovar' terminov po fizicheskoj geografii.* – M.: Sov. enciklopediya, 1980. – 703 s.