

Оптимизация водного режима в агроценозах и его влияние на сток талых вод на Южном Урале

*Н.В. Соломатин, к.с.-х.н., Ю.М. Нестеренко, д.г.н.,
ФГБУН Оренбургский ФИЦ УрО РАН*

Главным источником природных вод для формирования подземного и поверхностного стока в Оренбургской области считаются атмосферные осадки. Системы сельскохозяйственного землепользования в агроценозах Южного Урала, испытывая дефицит водообеспечения, ориентированы на увеличение продуктивных запасов влаги на полях за счёт уменьшения поверхностного и подземного стока вод.

Цель исследования – уточнение влияния основных способов обработки почвы и состояния кормовых угодий в агроценозах аграрной степи Южного Урала на весенний сток с малых водосборов и влияние осенней отвальной обработки почвы на водосборной площади рек и водохранилищ вододефицитного Южного Урала на формирование подземных вод.

Материал и методы исследования. Проводили исследование скорости впитывания в суглинистую чернозёмную почву при различных температурных режимах на данных угодьях. Определяли зависимости величин питания подземных вод, вычисленных по средним минимальным межгодовым и зимним расходам рек Южного Урала за расчётные периоды, от хозяйственной деятельности в агроклиматических зонах Оренбургской области на водосборной площади рек и водохранилищ вододефицитного Южного Урала.

Результаты исследования. Изучались следующие варианты: отвальная обработка почвы, нулевая обработка почвы после зерновых, кормовые угодья, лесополоса и уплотнённый слой почвы на границе пахотного и подпахотного горизонтов (плужная подошва) (табл., рис. 1). Величина инфильтрации талых вод в оттаявшую землю под различными угодьями в верхнем (0–30 см) слое (осенняя отвальная

обработка почвы, нулевая обработка почвы после зерновых культур, кормовые угодья) в сравнении с коэффициентом фильтрации, определённым в период вегетации по методу Нестерова, уменьшается в 1,4–2,0 раза, а в почву под лесонасаждениями – в 2,8 раза [1].

Это можно объяснить увеличением вязкости воды при нулевой температуре относительно 20–25°C в тёплый период года, так как по Ходену (1914) при нулевой температуре её вязкость возрастает на 0,8 по сравнению с вязкостью при температуре 20°C. В случае проведения осенней отвальной обработки при сухой почве и температуре не ниже -5°C вероятная скорость впитывания воды сопоставима с максимально возможной в степной зоне скоростью водоотдачи снега при таянии весной – 0,14 мм/мин.

По сведениям многолетних исследований Гидрометслужбы на Общем Сырте к весеннему снеготаянию температура поверхности почвы и на глубине до 20 см не опускается ниже -7°C [2, 3]. Следовательно, с сухой почвы при осенней отвальной обработке в этих условиях сток талых вод отсутствует. Нарастивание содержания влаги в грунте приводит к значительному снижению величины скорости впитывания в мёрзлый грунт. Интенсивность впитывания поверхностного стока при влажности грунта, равной наименьшей влагоёмкости, при средней температуре в верхнем слое почвы (0–30 см) перед снеготаянием -3°C составляет 0,15 мм/мин, а при температуре -5°C – только 0,009 мм/мин. Значит, при часто наблюдаемой температуре верхнего пахотного горизонта (0–30 см) при весеннем снеготаянии, равной или ниже -3°C, вероятен сток талых вод с пахотных земель. Последующее снижение температуры верхнего слоя почвы (0–30 см) перед снеготаянием, при осенней отвальной обработке почвы, приводит к значительному росту величины

Скорость впитывания талых вод на различных угодьях в мёрзлые суглинистые южные чернозёмы Южного Урала [1–3]

Угодье	Скорость впитывания, мм/мин (образец заморожен при естественной влажности)				Скорость впитывания, мм/мин (образец заморожен при наименьшей влагоёмкости)				Коэффициент фильтрации
	исходная влажность, % от веса	температура почвы, °С			исходная влажность, % от веса	температура почвы, °С			
		0	-5	-10		0	-5	-10	
Отвальная обработка почвы (зябрь)	10	1,2	0,4	0,06	30	1,2	0,02	0,004	1,7
Лесная полоса	21	1,0	0,2	0,1	30	1,0	0,05	0,04	2,8
Кормовые угодья (целина невыбитая)	17	0,9	0,1	0,03	30	0,9	0,03	0,01	1,8
Кормовые угодья (целина выбитая)	17	0,5	0,05	0,01	30	0,5	0,01	0,005	0,8
Нулевая обработка (стерня зерновых культур)	12	0,7	0,1	0,04	30	0,7	0,01	0,005	1,2
Плужная подошва	12	0,2	0,05	0,004	30	0,2	0,01	0,002	0,3

стока талых вод и снижению доли фильтрующейся воды в грунт.

В лесной полосе под толстым (1,0–1,5 м) слоем снега глубина промерзания почвы незначительна, и минимальная её температура не опускается ниже -3°С, при которой скорость впитывания составляет около 0,2 мм/мин, т.е. больше, чем максимально возможная интенсивность водоотдачи снега при весеннем снеготаянии и отсутствии стока.

Кормовые угодья, имеющие дернину, так же как осенняя отвальная обработка почвы и лесонасаждения в период снеготаяния, обладают довольно высокими фильтрационными свойствами при повышенной температуре почвы под дерниной. При низкой влажности (17%) верхнего горизонта (0–30 см) возможность большого стока маловероятна: сток талых вод с них сопоставим с вероятностью стока из лесной полосы. При увеличении влажности грунта до наименьшей влагоёмкости (НВ) на данных угодьях скорость инфильтрации уменьшается в 3 раза.

В то же время её величина остаётся в 2–3 раза больше, чем скорость инфильтрации с кормовых угодий без дернины и при нулевой обработке почвы после зерновых культур, так как дернина уменьшает скорость стока, увеличивает шероховатость поверхности, повышает температуру почвы, в результате создаются благоприятные условия для инфильтрации талых вод в почву [1–4].

При температуре верхнего слоя грунта (0–30 см) -2°С и влажности 17% на кормовых угодьях без дернины (выбитой целине) скорость впитывания талых вод уменьшается до величины возможной интенсивности водоотдачи снега. При увеличении влажности почвы до НВ скорость впитывания уменьшается уже при -1,5°С [1–3].

Нулевая обработка почв после зерновых культур имеет промежуточные средние значения скорости впитывания в мёрзлую почву при различных её температурных и влажностных режимах – между кормовыми угодьями с дерниной или без дернины [1–3].

После насыщения талыми водами верхнего (0–30 см) горизонта почвы возможен поверхностный сток в связи с малой скоростью впитывания в уплотнённый слой почвы на границе пахотного и подпахотного горизонтов. При температуре -5°С скорость впитывания в этот слой в 2 раза меньше, чем при нулевой обработке после зерновых культур, и в 8 раз меньше, чем в верхний слой (0–30 см) при осенней отвальной обработке почвы.

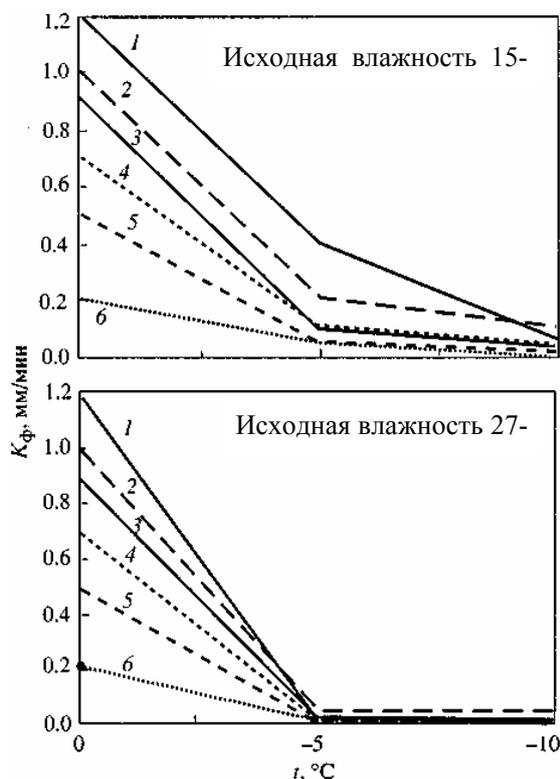


Рис. 1 – Величина коэффициента фильтрации при различных температурных режимах суглинистых почв на разных угодьях:

- 1 – отвальная обработка почвы (зябрь); 2 – лесная полоса; 3 – кормовые угодья (целина маловыбитая); 4 – нулевая обработка после зерновых культур; 5 – кормовые угодья (целина выбитая (дернина на поверхности почвы отсутствует)); 6 – уплотнённый слой почвы на границе пахотного и подпахотного горизонтов (плужная подошва) [1–3]

Влажность почвы оказывала наибольшее воздействие на коэффициент фильтрации при отрицательных температурах верхнего слоя (0–30 см) грунта. Если при относительно сухой почве и температуре верхнего слоя (0–30 см), равной -5°C , установившаяся скорость инфильтрации при осенней отвальной обработке почвы в 4,2 раза меньше, чем в тёплый период года, а при нулевой обработке почвы после зерновых, под лесонасаждениями и на кормовых угодьях соответственно в 2, 12 и 18 раз меньше, то при наименьшей влагоёмкости скорость инфильтрации при этой же температуре уменьшается соответственно в 189, 56 и 120 раз. С понижением температуры верхнего горизонта грунта (0–30 см) до -10°C скорость впитывания значительно уменьшается. При наименьшей влагоёмкости верхнего слоя (0–30 см) почвы и понижением температуры до -10°C скорость инфильтрации уменьшается от 160 до 425 раз [2, 3].

При понижении температуры верхнего слоя почвы (0–30 см) с -5°C до -10°C и при его естественной влажности скорость инфильтрации снижается в 7 раз при осенней отвальной обработке почвы, в 2 раза – под лесной полосой с подстилкой, на кормовых угодьях (при наличии дернины) в 3 раза – и в 5 раз (без дернины), при нулевой обработке почвы после зерновых культур – в 2,5 раза. При НВ скорость инфильтрации снижается соответственно в 2,2; 3,2 и 1,2 раза [1].

Изучение весеннего стока в зависимости от хозяйственной деятельности в агроклиматических зонах Оренбургской области выявило высокую его зависимость от доли осенней отвальной обработки почвы в агроценозах на водосборе, изменяющей инфильтрационные свойства верхнего (0–30 см) слоя почвы. При 60–67% распаханности и 36–56% осенней отвальной обработке почвы от водосборной площади коэффициент корреляции между поверхностным стоком талых вод и долей осенней отвальной обработки почвы в агроценозах составил 0,82–0,84 [1].

Зависимости коэффициента паводкового стока (Кст) от доли осенней отвальной обработки почвы на водосборе (Кз) рек Южного Урала выявляют снижение её влияния на коэффициент стока с увеличением доли зяби, что можно объяснить увеличением среднего уклона пахотных земель в связи с распашкой кругосклонных участков и уменьшением перехватываемого стока с вышерасположенных угодий с большим коэффициентом стока [1–3].

Исследование зависимости коэффициента паводкового стока от доли зяби на водосборе, проведённое по водосбору реки Самары в 1936–1995 гг., подтвердило эти данные (рис. 2) [5, 6]. Результаты исследования показали, что длинные ряды наблюдений (50–60 лет) на малых реках Оренбургской области не всегда возможно использовать для расчёта и прогноза паводкового стока и инфильтрации, так как в этот период попадают годы с различным

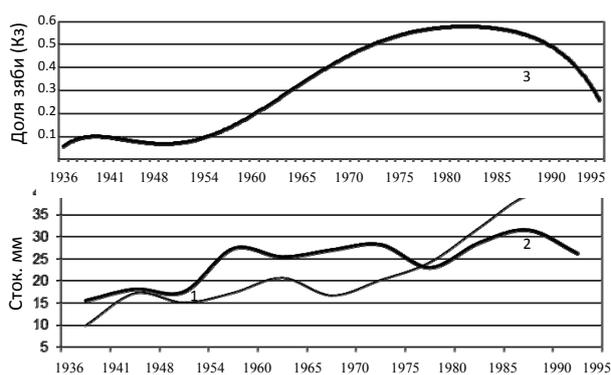


Рис. 2 – Режим подземных вод по данным меженного стока реки Самары (1) и по балансу питания подземных вод на водосборе (2) в зависимости от изменений доли зяби на водосборе (3)

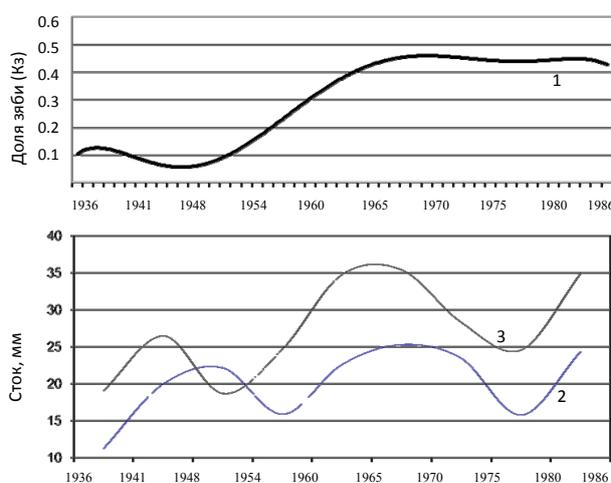


Рис. 3 – Баланс питания подземных вод на водосборной площади (3) и режим подземных вод по данным меженного стока реки Большой Кинель (2) в зависимости от изменений доли осенней отвальной обработки на водосборной площади (1)

хозяйственным воздействием на стокообразующие факторы и инфильтрации.

Ряды наблюдений группой от 5 до 10 лет наиболее полно отображают ситуацию по формированию природных вод. При этом усредняются и учитываются особенности влияния на формирование паводкового стока и питания подземных вод погодных условий за время снеготаяния и предшествующих зим.

Их можно считать фоном, на котором проявляются особенности влияния хозяйственной деятельности, типичной для данного короткого расчётного периода. По данным Гидрометеослужбы за период 1936–1990 гг. был построен график, показывающий величины питания подземных вод, вычисленные по меженному стоку реки Большой Кинель (рис. 3), т.е. по средним минимальным меженным и зимним расходам реки за принятые расчётные периоды.

При малой доле осенней отвальной обработки почвы на водосборе (0,06–0,13) в 1936–1954 гг. расход талых вод на питание подземных вод был

стабилен, и коэффициент питания подземных вод составлял 0,17 по реке Большой Кинель от их величины [1, 7, 8].

По мере роста доли зяби на водосборе возрастает и коэффициент стока до 0,19–0,20 в 1961–1990 гг. при 44–45% зяби на водосборе [2, 3]. Анализ данных по объёму подземного стока, определённого по водному балансу на водосборе реке Большой Кинель и реке Самаре, с объёмами, рассчитанными по их межённому стоку на замыкающем водосбор створе, показывает, что с учётом скорости инфильтрации подземных вод между ними имеется хорошее соответствие.

Выводы. Оптимизировать водообеспечение агроценозов и увеличить продуктивные запасы влаги на полях за счёт уменьшения поверхностного и подземного стока вод возможно при сочетании различных способов обработки почвы, способов возделывания сельскохозяйственных культур применительно к местным условиям. Учёт изменений в структуре и состоянии угодий агроценозов на водосборной площади рек и водохранилищ вододефицитного Южного Урала позволяет определять прогнозные и ретроспективные величины поверхностного и подземного стоков.

Литература

1. Соломатин Н.В., Валиева Ж.А., Гейде Э.Г. Антропогенные изменения в формировании стока на водосборах Южного Урала // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2007. № 3 (15). С. 104–106.
2. Нестеренко Ю.М. Системообразующие компоненты природы вододефицитных территорий и антропогенные изменения в них (на примере Южного Урала): автореф. дис. ... докт. геогр. наук. Пермь, 2003. 42 с.
3. Нестеренко Ю.М. Системообразующие компоненты природы вододефицитных территорий и антропогенные изменения в них (на примере Южного Урала): дис. ... докт. геогр. наук. Пермь, 2003. 260 с.
4. Нестеренко Ю.М., Соломатин Н.В. Роль антропогенной деятельности на водосборах в формировании поверхностного и подземного стока вод Южного Предуралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2004. № 3 (3). С. 78–79.
5. Нестеренко Ю.М. Водные ресурсы степной зоны и сельскохозяйственная деятельность на водосборе // Экосистемный подход к управлению водными ресурсами в бассейне рек: матер. Всерос. науч.-практич. конф. Екатеринбург, 1994. С. 67–68.
6. Нестеренко Ю.М., Соломатин Н.В. Режим и баланс на пахотных и целинных чернозёмах Южного Урала // Водные ресурсы, геологическая среда и полезные ископаемые Южного Урала / ГИ УрО РАН [и др.]. Оренбург, 2000. С. 89–95.
7. Соломатин Н.В. Влияние сельскохозяйственной эксплуатации водосборов рек на образование подземного стока в Южном Зауралье (на примере р. Жарлы) // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2004. № 4 (4). С. 51–52.
8. Нестеренко Ю.М., Бондаренко И.И., Нестеренко М.Ю. Методика разработки математической модели поверхностного склонового водного стока // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН, 2012.