

Низкие значения активности образования биоплёнок при эубиозе были характерны для культур *Clostridium* spp. ( $0,4 \pm 0,1$  ед.).

При дисбиозе биотопа дистального отдела толстого кишечника человека отмечалось увеличение биоплёнкообразования микроорганизмов, таких, как: бифидобактерии (с  $0,5 \pm 0,4$  до  $0,78 \pm 0,7$  ед.) и клостридии (с  $0,4 \pm 0,1$  до  $0,55 \pm 0,1$  ед.) ( $P < 0,05$ ). Снижение БПО было характерно для штаммов бактероидов (с  $0,56 \pm 0,3$  до  $0,4 \pm 0,1$  ед.) и превотелл (с  $1,1 \pm 0,5$  до  $0,9 \pm 0,2$  ед.).

**Вывод.** При эубиозе бифидобактерии имели более высокие значения антилизоцимной, антилактоферриновой активности, а превотеллы всех трёх изучаемых свойств. При дисбиозе происходило снижение показателя свойств бифидобактерий – антилизоцимной и антилактоферриновой активности, что подтверждают данные литературы. Клостридии и пептострептококки при дисбиозе увеличивали уровень биоплёнкообразования. Эубактерии при дисбиозе снижали уровень БПО и увеличивали показатель антилизоцимной активности. Пропионибактерии увеличивали показатель антилизоцимной активности и снижали антилактоферриновую активность по сравнению с эубиозом.

Таким образом, при дисбиозе толстого кишечника человека в сравнении с эубиозом происходит изменение персистентных свойств облигатно-анаэробных микроорганизмов, что отражает их приспособительные возможности при изменении условий кишечного биотопа.

Высокая распространённость и выраженность факторов персистенции у облигатно-анаэробных бактерий фекальной микробиоты связана, вероятно, с постоянным взаимодействием бактерий и бактерицидных факторов гуморальной и клеточной природы хозяина. Учитывая, что лизоцим, лактоферрин подавляют рост и размножение микроорганизмов, наличие факторов персистенции бактерий может, по-видимому, определять состав и стабильность микросимбиоза кишечника человека.

### Литература

1. Бухарин О.В. Персистенция патогенных бактерий. М.: Медицина; Екатеринбург: Уро РАН, 1999. 365 с.
2. Бухарин О.В., Перунова Н.Б. Микросимбиоз. Екатеринбург: УрО РАН, 2014. 260 с.
3. Бухарин О.В. и др. Механизмы выживания бактерий. М.: Медицина, 2005. 365 с.
4. Брудастов Ю.А. Антисимбиотическая активность бактерий: автореф. дисс. ... канд. мед. наук. Челябинск, 1992.
5. Андрищенко С.В. Генетические детерминанты специфических секретиремых ингибиторов лизоцима в антилизоцимной активности энтеробактерий: автореф. дисс. ... канд. мед. наук. Оренбург, 2012.
6. Бондаренко В.М., Лиходед В.Н. Идеи И.И. Мечникова и современная микробиология кишечника человека // Микробиология. 2008. № 5. С. 23–29.
7. Вальшев А.В. Факторы патогенности энтерококков кишечной микрофлоры человека // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии. 2012. № 4. С. 41–43.
8. Иванова Е.В. Биологические особенности бифидобактерий и их взаимодействие с микросимбионтами кишечной микрофлоры человека: автореф. дисс. ... канд. мед. наук. Оренбург, 2010.
9. Елагина Н.Н. Факторы персистенции неспорообразующей анаэробной микрофлоры кишечника человека: автореф. дисс. ... канд. мед. наук. Оренбург, 2000.
10. O'Toole H.B., Kolter R. Flagellar and twitching motility are necessary for *Pseudomonas*. Mol. Microbiol., 1998. Vol. 30. P. 295–304.

## Эффективность мелиоративных приёмов в зависимости от агроэкологической оценки земель в условиях Южного Урала\*

*Н.Н. Дубачинская, д.с.-х.н., ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ*

В настоящее время сложившееся в хозяйствах землепользование в силу замены внутривладельческого землеустройства кадастром привело к объединению участков, используемых в пашне, сенокосах и пастбищах, что послужило вовлечению малопродуктивных земель (солонцовых, эрозионных в разной степени) в интенсивный сельскохозяйственный оборот. В этой связи при бессистемном использовании нарушены севообороты, что влечёт ухудшение фитосанитарного состояния агроландшафтов из-за эрозионных процессов, засоления и соответственно загрязнения водных источников элементами почвенных частиц, растительных сообществ и различных агрохимикатов. Получение безопасной продукции требует разработки системы экологических ограничений

при формировании земельных участков и возделывании сельскохозяйственных культур. Более прогрессивными и апробированными в настоящее время являются методологические подходы по проектированию адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий на основе агроэкологической оценки земель [1].

Методология оценки земель апробирована нами в условиях Южного Урала. На примере Оренбургской области, учитывая климатические условия, геоморфологию ландшафтов, типы почв и их агроэкологические свойства, выделены следующие основные агроэкологические группы и типы земель: плакорные земли (равнинные), эрозионные земли (умеренно-эрозионные, средне-эрозионные, сильно и очень сильно-эрозионные), солонцовые земли (солонцовые, малосолонцовые, эрозионно-солонцовые комплексы).

\* При поддержке РГНФ, проект №15-02-00658

**Цель исследования** – рассмотреть эффективность методических подходов в агроэкологической оценке солонцевой группы земель и их мелиоративного использования на примере природно-сельскохозяйственных районов (ПСХР) сухостепной и степной зоны Казахской провинции.

**Объекты и методы исследования.** Исследование проводили на опытном стационаре – на территории Львовской сельскохозяйственной опытной станции Джетыгаринского района Кустанайской области (Казахская провинция степной зоны (чернозёмы южные) на переходе к сухостепной зоне (тёмно-каштановые почвы) и границе с Оренбургской областью). Казахская провинция сухостепной зоны охватывает южную и юго-восточную часть Оренбургской области, включающую Адамовский район. Оценка почвенного покрова этой зоны была дана на примере СПК «Комсомольский» Адамовского района Оренбургской области.

Львовская сельскохозяйственная опытная станция по почвенно-климатическим условиям аналогична восточным районам Оренбургской области и входит по природно-сельскохозяйственному районированию в степную и сухостепную зону того же округа Казахской провинции (РПУС/21+22+25) [1]. Восточный район Оренбургской области расположен в подзоне чернозёмов южных с переходом к тёмно-каштановым почвам на равнинах Зауралья. Среднегодовое количество осадков в этом районе составляет 275–300 мм,  $\Sigma t^{\circ}$  акт. – 2425, КУ – 0,37; КК – 218; ДАВ – 136. Агроэкологическая оценка земель была основана на материалах почвенного обследования (1970 г.), системы земледелия и землеустройства (1985 г.), данных хозяйства и собственных исследований (2005, 2014 гг.). Оценка земель проведена по полям севооборотов пяти отделений СПК «Комсомольский». В пашне хозяйства из зональных почв преобладают чернозёмы южные карбонатные маломощные глинистые и тяжелосуглинистые (29,2%). Чернозёмы южные карбонатные маломощные глинистые и тяжелосуглинистые в комплексе с солонцами мелкими и средними глинистыми от 25 до 50% занимают меньшую площадь – 18,8%. Наименьшая площадь отведена чернозёмам южным карбонатным солонцеватым в разной степени (7,5%), а также тёмно-каштановым карбонатным солонцеватым маломощным среднесмытым глинистым (7,3%). Наибольший процент составляют тёмно-каштановые карбонатные солонцеватые маломощные глинистые в комплексе с солонцами мелкими глинистыми от 10 до 25% – 36,2%). На сенокосах и пастбищах большую площадь занимают чернозёмы южные карбонатные маломощные глинистые и тяжелосуглинистые в комплексе с солонцами мелкими и средними глинистыми от 25 до 50% – 29,3%. Солонцы чернозёмные и чернозёмно-луговые мелкие и средние глинистые среднещепенчатые на этих угодьях составляют зна-

чительную площадь – 28,4%. Тёмно-каштановые карбонатные солонцеватые маломощные глинистые в комплексе с солонцами мелкими глинистыми от 10 до 25% занимают 19,4%. Общая площадь хозяйства составляет 77797 га, из них сельскохозяйственных угодий – 76299 га, в т.ч. пашни – 29910 га; сенокосов – 7079 га, из них улучшенных – 4197 га; пастбищ – 39241 га, из них коренного улучшения – 3323 га. В структуре посевных площадей удельный вес занимают зерновые культуры – 70,2%, кормовые – 11,5%, чистые пары – 18,3%.

В соответствии со структурой посевных площадей, с учётом защиты почв от эрозии введены 10 полевых севооборотов. Примером в приёмах мелиорации и использовании комплексных солонцевых почв для хозяйств этой зоны является опытный стационар, заложенный на склоне до 3° водораздела р. Тобола на площади 33 га (1974–1982 гг.) на базе Львовской опытной станции (ЛОС) Казахской провинции [2]. Участок, где проводили опыты (Львовская опытная станция), представлен комплексом степных средних, мелких и глубоких солонцов с тёмно-каштановыми солонцеватыми почвами, сформированными на покровных легкоглинистых отложениях. Растительность – житняк (польнь, кермек) более 5 лет. Детальное почвенное обследование (масштаб 1:500) проводили до закладки опытов совместно с почвоведом А. Усаниной Кустанайского филиала «Целинпрозем». Водно-физические свойства почвы изучали по методике С.И. Долгова [3]; химико-аналитические исследования – по В.А. Аринушкиной [4]. Математическая обработка данных урожая и другие наблюдения выполнялись по Б.А. Доспехову [5], регрессионный анализ – линейным методом ПК «XML». Учёт урожая и другие наблюдения проводили по методике В.И. Кирюшина [6]. Приёмы мелиоративной обработки солонцов степных малонатриевых высококарбонатных и тёмно-каштановых солонцеватых почв исследовали в 5-польном севообороте: 1 – пар; 2 – ячмень; 3–6 суданская трава. Были изучены такие приёмы мелиоративной обработки почвы, как трёхъярусная и плантажная вспашка на глубину 40 см, отвальная вспашка на глубину 27–30 см в сравнении с вспашкой на 18–20 см (без предплужников). Опыт был заложен в четырёхкратной повторности. Площадь делянки составляла 1000 м<sup>2</sup> (10×100). Обработка пласта многолетних трав выполнена по типу полупара в июне. В последующие годы практиковалась ежегодная плоскорезная обработка на глубину 25–27 см. Культуры высевали сеялкой СЗС-2,1 в оптимальные для зоны сроки.

**Результаты исследования.** Разработка адаптивно-ландшафтных систем земледелия на основе агроэкологической группировки земель включает многие экологические факторы: климатические, географические, геоморфологические, почвенные, технологические и др. В нашем случае мы концентрируем внимание на физико-химических

свойствах солонцовых почв, приёмах мелиорации и их эффективном использовании.

Почвы солонцового комплекса характеризуются тяжелосуглинистым механическим составом. По содержанию обменного натрия солонцы степные относятся к категории малонатриевых. Его количество в горизонте В колеблется соответственно в пределах 12–15% от ёмкости обмена. Солонцеватость тёмно-каштановой почвы подтверждается повышенным содержанием обменного натрия в нижней части горизонта В.

В профиле тёмно-каштановой почвы наибольшее засоление – с глубины 87 см (1,088%), что характерно для солонцеватых родов этих почв, В солонцах средних – в слое 70–80 см (0,920%), мелких – в слое 45–55 см (1,365%). По глубине засоления солонцы стационара являются солончакватыми. Максимальное скопление солей отмечается в слое 40–100 см. Тип засоления хлоридно-сульфатный, степень засоления увеличивается от глубоких солонцов к мелким. Реакция среды изменяется по профилю почв, от слабощелочной до средне щелочной.

По результатам анализа следует, что для солонцов характерен укороченный гумусовый профиль и более низкое содержание гумуса по сравнению с тёмно-каштановой солонцеватой почвой. Карбонаты кальция и магния во всех почвах содержатся в значительных количествах и отмечаются преимущественно на глубине 20–22 см. Гипс залегает на глубине, недоступной для вовлечения мелиоративной обработкой на степных малонатриевых солонцах.

Таким образом, в соответствии с данными полевой диагностики и физико-химических исследований, солонцы идентифицированы как степные малонатриевые, хлоридно-сульфатные высококарбонатные, тяжелосуглинистые. Тёмно-каштановые солонцеватые почвы участка отнесены к категории слабосолонцеватых. Все почвы стационара характеризуются высокой обеспеченностью подвижным калием и очень низкой – подвижным фосфором.

Следует отметить, что солонцы и солонцеватые почвы СПК «Комсомольский» по содержанию гумуса и химическим свойствам почв близки к

опытному стационару ЛОС. Важнейшей особенностью солонцов, отличающей их от зональных почв, являются их неблагоприятные физические свойства (табл. 1).

Солонцы характеризуются более высокой плотностью сложения в верхней части профиля по сравнению с тёмно-каштановой солонцеватой почвой, меньшей водопроницаемостью. Одним из лимитирующих факторов для роста и развития растений на солонцовых почвах с различными их агро-мелиоративными свойствами является степень солонцеватости и засоления, которые влияют на полевую всхожесть и водный режим.

Полевая влагоёмкость, характеризуясь близкими величинами на солонцовых и тёмно-каштановых почвах, сильно различается по доступности почвенной влаги растениям. Влажность устойчивого завядания растений на степных солонцах в 1,2–1,3 раза выше, чем на солонцеватой тёмно-каштановой почве, что обусловлено более высокой дисперсностью солонцов и значительной их засоленностью. Эти факторы чётко просматриваются в опытах при возделывании сельскохозяйственных культур на мелиоративном фоне, отличающихся по физико-химическим свойствам. Наименьшими значениями плотности почвы характеризовались варианты плантажной и трёхъярусной вспашки (1,08–1,15 г/см<sup>3</sup>), особенно в слое 30–40 см. Объёмная масса в этом слое по мелиоративным фонам заметно возросла лишь на пятом году после мелиоративной обработки (1,28–1,31 г/см<sup>3</sup>). Фильтрационная способность солонцов средних на шестом часу фильтрации (установившейся) по фонам мелиоративной обработки вдвое выше (1,76 мм/мин), чем по фону вспашки на глубину 18–20 см (0,85 мм/мин). Водопроницаемость солонцов по фону вспашки на глубину 27–30 см характеризуется средними показателями между мелиоративными обработками и обычной вспашкой (1,31 мм/мин). По уровню фильтрационной способности на шестом часу эти почвы различаются в 2–2,5 раза. На всех почвах комплексов – тёмно-каштановой и солонцах происходит существенное увеличение полевой влагоёмкости, особенно на фонах плантажной и трёхъярусной обработки по сравнению с глубокой

1. Водно-физические свойства тёмно-каштановой солонцеватой почвы и солонцов стационара до мелиоративной обработки (предшественник – житняк 5 лет), ЛОС

Глубина слоя, см	Объёмная масса, г/см <sup>3</sup>	Влажность устойчивого завядания растений, мм	Полевая влагоёмкость, мм	Объёмная масса, г/см <sup>3</sup>	Влажность устойчивого завядания растений, мм	Полевая влагоёмкость, мм
Тёмно-каштановая солонцеватая почва				Солонец степной средний		
0–40	1,19	14,3	26,4	1,35	17,5	25,9
40–100	1,46	16,8	23,3	1,46	20,0	25,3
0–100		158,2	245,0		190,8	246,2
Солонец лугово-степной глубокий				Солонец лугово-степной мелкий		
0–10	1,23	14,4	25,6	1,34	16,3	26,4
40–100	1,45	19,0	23,4	1,46	23,2	23,2
0–100	–	171,7	243,1		204,6	244,5

вспашкой (27–30 см) и тем более по сравнению с обычной вспашкой. По элементам солонцового комплекса полевая влагоёмкость увеличивается от солонцов мелких (246–250 мм) к солонцам средним (264–267 мм) – глубоким (260–267 мм) и тёмно-каштановой солонцеватой почве (290–295 мм). Влажность устойчивого завядания растений тёмно-каштановой солонцеватой почвы на мелиоративных фонах (трёхъярусной и плантажной вспашки на 40 см) заметно ниже, чем на фоне вспашки на глубину 18–20 см, а в сравнении со вспашкой на 27–30 см разница не существенна. В проводимых исследованиях установлено, что влажность устойчивого завядания растений, которая определялась методом проростков ячменя, в сильной степени зависит от содержания легкорастворимых солей в солонцовом комплексе, увеличиваясь с повышением концентрации легкорастворимых солей от 0,066 до 0,439% в верхнем и от 0,539 до 0,840% в нижнем полуметровом слое почвы. Связь между этими величинами выражается коэффициентом криволинейной корреляции в пределах от 0,94 до 0,98 ед. по разным глубинам определения.

В соответствии с изменением физического состояния почв складывался их водный режим, который определялся климатическими условиями. Наибольшие запасы продуктивной влаги в солонцах, тёмно-каштановой солонцеватой почве отмечены весной. По годам эти запасы изменялись в зависимости от количества осадков. Весенние запасы продуктивной влаги в метровом слое во все годы исследования колебались в пределах 70–80% от ППВ. Наименьшее количество влаги отмечено перед уборкой, когда содержание её в отдельные годы приближалось к влажности завядания растений. Улучшение водно-физических свойств солонцов и тёмно-каштановых почв в результате глубокой мелиоративной обработки способствовало большому накоплению влаги в весенний период и более глубокому её проникновению. Применение трёхъярусной и плантажной вспашки увеличивает весенний запас продуктивной влаги в слое 0–100 см солонцов в среднем в 1,3 раза по сравнению с отвальной вспашкой. Причём в слое 50–100 см этот запас увеличивается почти вдвое. На тёмно-каштановой солонцеватой почве разница в запасах влаги между вариантами обработки выражена слабее. Влияние на рост, развитие и продуктивность зерновых и кормовых культур оказывают не только эти лимитирующие факторы. В условиях освоения солонцовых агроландшафтов важная роль в повышении продуктивности и устойчивости агроценозов принадлежит динамике формирования надземной массы растений в течение всей вегетации, особенно в засушливые годы, когда на солонцовых почвах вследствие различного засоления создаются экстремальные условия в обеспечении растений влагой. Повышение потенциальной продуктивности агроценозов за счёт интенсификации физиологических

функций растений достигается путём оптимизации размещения и подбора культур в севообороте в соответствии с агроландшафтными свойствами солонцовых агроландшафтов и зоны возделывания. Возделывание и подбор культур в севооборотах на солонцовых почвах сопряжено с группой видов и сортов засухоустойчивых растений, которые за счёт развития корневой системы обеспечивают поступление воды из глубоких слоев почвы или используют так называемый «мёртвый запас» влаги, который в зависимости от степени засоления может быть очень различным. По нашим наблюдениям, наиболее засухоустойчивыми и солеустойчивыми являются из однолетних культур ячмень и суданская трава, используемые в зернопарокормовом севообороте.

Проведённый корреляционный анализ урожайности по вариантам опыта тёмно-каштановых солонцовых почв и солонцов средних показывает высокую связь с весенней продуктивной влагой ( $r=0,87$ ). Более точно за влиянием весенней продуктивной влаги на урожайность можно проследить при построении регрессионной модели:  $y=7,3+0,09x$ . Из полученных данных следует, что урожайность по вариантам может увеличиться на 0,09 ц к.ед. с 1 га при повышении продуктивной влаги на 1 мм. Полученный коэффициент детерминации ( $R$ -квадрат = 76) свидетельствует о том, что исследуемый фактор объясняет 76% вариации урожайности возделываемых культур, а 24% вызвано факторами, не включёнными в модель. Сравнительный анализ данных урожая по элементам солонцового комплекса показывает, что урожайность растений снижается от тёмно-каштановых солонцеватых почв к солонцам глубоким, средним, мелким (табл. 2). Во все годы исследования самый низкий урожай растений по всем элементам комплекса был на варианте отвальной вспашки на 18–20 см. Мелиоративные обработки обеспечили увеличение урожая на солонцах по сравнению с этим вариантом в среднем в 1,4–1,6 раза. Урожайность культур по фону вспашки на 27–30 см занимала промежуточное положение между урожаями по вспашке на 18–20 см и мелиоративным обработкам. На глубоких солонцах она была ближе к первой, а на средних и мелких солонцах – к последним.

При отсутствии существенных различий в урожае растений по фонам трёхъярусной и плантажной вспашки за ротацию шестипольного севооборота на всех солонцах наблюдается заметное преимущество трёхъярусной вспашки на глубоких и средних солонцах в первые 2 года освоения.

В последние годы в хозяйствах в системе обработки преимущество отдаётся минимализации обработки почвы. Изучение системы обработки солонцов средних малонатриевых на мелиоративных фонах показало преимущество мелкой плоскорезной обработки на 10–12 см под первую и вторую культуру после пара и периодически



2. Урожайность ячменя и суданской травы в зависимости от приёмов обработки, ц к.ед. на 1 га в среднем за 5 лет. Опыт №1 (ЛОС)

Вариант	Тёмно-каштановая солонцеватая почва	Солонец			В среднем по комплексу ц к ед. на 1 га
		глубокий	средний	мелкий	
Отвальная вспашка, глубина 18–20 см	15,5	12,3	9,9	7,8	11,4
Отвальная вспашка, глубина 27–30 см	16,6	13,5	13,3	10,0	13,3
Трёхъярусная вспашка, глубина 40 см	17,9	16,7	15,0	13,0	15,6
Плантажная вспашка, глубина 40 см	17,9	16,1	15,3	13,2	15,6
НСР <sub>0,5</sub> , ц/га	0,3	0,27	0,35	0,22	0,28

глубокую обработку на 25–27 см под третью и пятую культуры в зернопарокормовом севообороте. Опыты, заложенные в СПК «Комсомольский» в 2014 г. на солонцах мелких малонатриевых и тёмно-каштановых солонцеватых почвах, показали преимущество глубокой плоскорезной обработки перед минимальной. Урожайность зерна твёрдой пшеницы составила соответственно на солонцеватых почвах 18,5 и 10,26 ц с 1 га, на солонцах мелких – 12,5 и 5,6 ц с 1 га. Эти данные свидетельствуют о том, что требуется подбор солонце- и солеустойчивых культур применительно к каждой агроэкологической группе земель. Однако, учитывая наличие солонцов в хозяйстве до 25%, необходимо при проектировании учитывать их агро-мелиоративные свойства и затем планировать мелиоративные мероприятия.

**Вывод.** В результате исследования установлено, что продуктивный запас влаги по вариантам обработки почвы на комплексных солонцовых почвах зависит, кроме осадков, от влажности устойчивого завядания растений, определяемой степенью засоления и глубиной залегания соленосных горизонтов. Мелиоративные обработки во все годы исследования имели серьёзное преимущество по водному режиму перед отвальной вспашкой на 18–20 см.

Эффективность мелиоративной обработки (трёхъярусной, плантажной вспашки на 40 см) возрастает относительно обычной вспашки на

тёмно-каштановой почве в 1,2 раза, на глубоком солонце – в 1,5–1,7 раза, на среднем солонце – в 2,3–2,4 раза, на мелком солонце – в 4,5–4,6 раза. При этом эффективность плантажной и трёхъярусной обработок по всем компонентам солонцового комплекса близка. Глубокая отвальная вспашка по эффективности занимает промежуточное положение между мелкой вспашкой и мелиоративными обработками.

Исходя из полученных данных следует, что для безопасного производства продукции необходимы агроэкологическая оценка земель, разработка и освоение технологий возделывания сельскохозяйственных культур в адаптивно-ландшафтных системах земледелия применительно к определённым группам земель.

### Литература

1. Кирюшин В.И. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий / В.И. Кирюшин, А.Л. Иванов и др. / Методическое руководство МСХРФ, РАСХН. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. 784 с.
2. Дубачинская Н.Н. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия на солонцовых землях Южного Урала. Оренбург, 2000. 332 с.
3. Аринушкина В.А. Методы агрохимических анализов почв. М., 1977. 787 с.
4. Долгов С.И. Агрофизические методы исследования почв. М., 1966. С. 35.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований). М., 1979. 4-е изд. перераб. и доп. 415 с.
6. Кирюшин В.И. Солонцы и их мелиорация: монография. М., 1976. 174 с.