

## Способы восстановления плодородия почвы на нарушенных землях

*С.Г. Чекалин, к.с.-х.н., Б.А. Зимхан, магистрант,  
Западно-Казахстанский ГУ*

Деградация земель в Казахстане вызвана комплексом причин антропогенного характера, которые значительно изменили структуру тепло- и вла-

гообмена ландшафтов, нарушили их радиационный баланс, ослабили регулярно-восстановительный потенциал [1, 2].

В последние годы особую актуальность стали приобретать действия техногенного характера. Это в первую очередь деятельность промышленных

предприятий, химизация растениеводства, наличие значительного количества отходов производства и потребления и др.

Одним из основных объектов, негативно влияющих на состояние существующих ландшафтов Западного Казахстана, является Карачаганакское нефтегазоконденсатное месторождение (КНГКМ), которое относится к наиболее крупным в Республике Казахстан. Характер деятельности месторождения напрямую связан с возрастающей негативной нагрузкой на все компоненты окружающей среды, включая земельные ресурсы. При разработке нефти и газа выводятся из оборота и нарушаются большие площади сельскохозяйственных земель, при этом масштабы увеличения нарушенных земель в значительной степени опережают их восстановление.

В связи с разработкой промышленных объектов на КНГКМ пробурено значительное количество скважин, соединённых с трубопроводами. Для таких мест стало характерным наличие однолетних и двулетних видов растительности семейства крестоцветных, которые являются пионерской растительностью по вновь проложенным трубопроводам и представляют сорно-полевую флору.

С другой стороны, территория месторождения охватывает много залежных земель разновозрастного характера, которые ранее активно использовались в сельскохозяйственном производстве. На залежных землях такого типа доминируют бодяк, молокан татарский, полынь лерха, тысячелистник. Резкое доминирование такой флоры сократило территорию зональных степных видов до 40% и в результате произошла замена коренных видов на пришлую сорную растительность.

Скорость самовосстановления степной растительности нарушенного участка естественным путём во многом зависит от состояния почвенного покрова, погодных условий и может составлять около 25–30 лет со времени прекращения вспашки, и это при условии отсутствия других ограничивающих факторов, в том числе и антропогенного характера [3].

Процесс добычи нефти и газа на месторождении сопровождается выбросами в атмосферу значительного количества тяжёлых металлов (Cu, Cd, Co, Pb, Zn, Ni и др.), которые накапливаются в верхнем слое почвы. В настоящее время их валовое содержание стало в 2–5 и более раз превышать предельно допустимую концентрацию [4]. И хотя количество тяжёлых металлов в подвижной форме пока ещё находится в допустимых значениях, скорость их утилизации во многом зависит от уровня органического вещества почвы [5].

Способы восстановления нарушенного почвенного покрова методами рекультивации очень богаты и разнообразны. Однако все они должны отвечать одному общему принципу – адаптивной направленности к существующим природно-климатическим

особенностям региона и обеспечивать ускоренное восстановление плодородия нарушенных земель.

**Материал и методы исследования.** Исследование начали проводить на территории КНГКМ с 2013 г. Опытный участок был расположен на залежи шестилетнего возраста с присущей ей пионерской растительностью.

Схема опыта состояла из посевов однолетних бобовых культур (нут) и многолетних трав – житняка в чистом виде, житняка с донником и житняка с донником и люцерной. Контрольным вариантом в опыте служила имеющаяся залежь.

Посевы многолетних трав выполнялись полупокровным способом с учётом складывающихся погодных условий. В условиях области, отличающейся от других регионов травосеяния постоянным дефицитом почвенной влаги и повышенной сухостью воздуха, полупокровный способ посева оказывает решающее влияние на сохранность всходов и последующую хорошую продуктивность многолетних трав. Гибкость применяемой технологии посева многолетних трав состояла в дифференцированном подходе к выбору приёма основной обработки почвы и полупокровной культуры. Так, в условиях предшествующей закладке опытов сухой осени вместо вспашки применялось мелкое плоскорезное рыхление почвы [6], а для условий среднего срока наступления весны многолетние травы высевались под полупокров ячменя [7].

Наличие в опытах варианта с нутом преследовало цель увеличения плодородия почвы за счёт его азотфиксирующей способности и последующего использования имеющейся биомассы в качестве сидерата при завершении вегетационного периода.

В конце 2017 г. на всех вариантах опыта были выкопаны полуразрезы до материнской породы с морфологическим описанием имеющихся горизонтов, определением плотности почвы, её структурного состава и содержания гумуса по общепринятым методикам.

Почвы опытного участка тёмно-каштановые тяжелосуглинистого механического состава с исходным содержанием гумуса 2,85%.

Кроме того, в населённых пунктах, расположенных вокруг санитарно-защитной зоны КНГКМ, была проведена оценка качества воздушной среды биоиндикационным методом [8]. Эти исследования были выполнены для установления факта влияния КНГКМ за пределами санитарно-защитной зоны.

**Результаты исследования.** Эффективность восстановления антропогеннонарушенных ландшафтов оценивается по восстановлению экологических и хозяйственных функций почвы. Причём хозяйственная функция, определяемая по способности почвы воспроизводить полезную продукцию, поддаётся более быстрому восстановлению, чем экологическая, которая определяет способность почвы создавать и регулировать условия существования почвообитающих организмов и несёт в себе

сложное взаимодействие пищевого, геохимического, водно-воздушного режимов и свойств почвы в формирующемся местообитании.

Демутационная сукцессия залежных земель путём самовосстановления по своей сути является очень длительным процессом. В ходе этого периода залежь должна пройти четыре этапа: стадию мелких одно-, двухлетних сорняков, стадию бурьянистого разнотравья, стадию корневищных злаков и стадию дерновинных злаков [3]. В то же время длительность каждого этапа не является постоянной величиной. Они различны по времени и происходят в полном соответствии с особенностями климатических условий и степенью уплотнения почвы, т.е. со степенью её аэрации. В этом случае каждой растительной формации должна соответствовать определённая степень рыхлости или плотности почвы. Поэтому нельзя встретить типичную сорняково-бурьянистую растительность на уплотнённых почвах, так же как и типчак и ковыль на рыхлых почвах [9].

Влияние климатического фактора связано со степенью засушливости вегетационного периода, от которого во многом зависит продуктивность существующего фитоценоза.

Морфологическая оценка почвенных разрезов позволила определить динамику основных физических показателей почвы по вариантам опыта. Как и следовало ожидать, самой наименьшей плотностью гумусового горизонта обладали контрольный вариант (залежь) и вариант с ежегодным посевом нута. Невысокие показатели плотности почвы на

этих вариантах связаны с медленным процессом естественного самоуплотнения почвы на I варианте опыта и под действием ежегодно проводимой глубокой обработки почвы, осуществляемой для заправки сидеральной массы нута на II варианте опыта (табл. 1). В посевах многолетних трав уплотнение почвы произошло как в пахотном, так и подпахотном горизонтах, причём уровень уплотнения быстро достиг оптимального значения, при котором создаются благоприятные условия для роста и развития многолетних трав [10].

В соответствии с видом фитоценоза на всех вариантах опыта изменилось и состояние агрегатного состава почвы. Под влиянием многолетних трав почва из более глыбистой перешла в более структурное и комковато-зернистое состояние с уменьшением фракций глыбистых и пылеватых агрегатов и увеличением коэффициента структурности.

Небольшой промежуток времени в опыте пока ещё не позволяет дать более полные ответы на поставленные вопросы, однако процесс смены растительной формации на залежи естественным путём на территории с техногенным загрязнением, на наш взгляд, может иметь более длительный период, чем на участках, где антропогенное воздействие имеет чисто механическое воздействие (вспашка, перевыпас и т.д.).

Потенциал загрязнения атмосферы в районе месторождения относится к третьему уровню, а повторяемость приземных инверсий имеет высокий

### 1. Динамика плотности почвы и её структурного состояния по вариантам опыта

Горизонт	Слой почвы, см	Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>	Содержание агрегатов по фракциям, %			Коэффициент структурности
			более 10 мм	10–0,25 мм	менее 0,25 мм	
Разнотравье						
A	0–28	1,12	43,8	47,9	8,3	0,9
B	28–49	1,19	45,1	48,1	6,8	0,9
BC	49–71	1,21	44,3	50,2	5,5	1,0
C	72 и >	1,29	45,8	48,8	5,4	0,9
Бобовые						
A	0–28	1,08	42,1	48,6	9,3	0,9
B	28–49	1,15	44,3	50,2	5,5	1,0
BC	49–71	1,21	43,4	51,2	5,4	1,0
C	72 и >	1,27	44,6	50,3	5,1	1,0
Житняк						
A	0–28	1,15	39,1	56,0	4,9	1,3
B	28–50	1,20	41,1	54,9	4,0	1,2
BC	50–72	1,22	43,5	51,4	5,1	1,0
C	72 и >	1,30	44,9	50,2	4,9	1,0
Житняк+ донник						
A	0–28	1,16	40,0	56,8	3,2	1,3
B	28–51	1,21	42,0	54,6	3,4	1,2
BC	51–72	1,25	43,4	51,6	5,0	1,2
C	72 и >	1,34	44,3	50,8	4,9	1,0
Житняк+донник+люцерна						
A	0–28	1,16	38,2	58,0	3,8	1,4
B	28–50	1,22	40,2	56,4	3,4	1,3
BC	50–72	1,25	40,2	54,8	5,0	1,2
C	72 и >	1,31	42,8	52,8	4,9	1,1

уровень. Это обстоятельство снижает возможности самоочищения воздушного бассейна в пределах санитарно-защитной зоны. Поэтому рассеивание вредных веществ может распространяться и за её пределами.

Оценка степени загрязнения воздушной среды проводилась биоиндикационным методом в населённых пунктах, расположенных вокруг санитарно-защитной зоны КНГКМ и находящихся в 5–7 км за её пределами. В качестве биоиндикатора была использована флуктуирующая асимметрия листового аппарата берёзы повислой. Результаты наблюдения наглядно показали не только территориальное увеличение загрязнения воздушной среды, но и наличие высокой степени её загрязнения (табл. 2).

Различное качество атмосферного воздуха в населённых пунктах, определённое в летний период, связано с особенностями ветрового режима, который по характеру сезонного воздействия различен. Так, по климатической характеристике региона в период с мая по сентябрь преобладающими являются северные и северо-западные ветры. В зимний период наибольшую повторяемость имеют ветры, дующие с юго-восточного направления. Поэтому в зимний период миграция химических элементов может менять направление и перемещаться в сторону других территорий, расширяя тем самым зону техногенного влияния.

Проводя оценку состояния и развития растительности на залежи, следует отметить её низкий самовосстановительный потенциал. В целом за ряд лет её биологическая продуктивность ни разу не превысила 10 ц/га и составляла по годам от 5,3 до 9,8 ц/га (табл. 3).

Наземная биомасса нута также была низкой, хотя и превышала продуктивность залежной рас-

тительности в среднем всего в 1,7 раза. Продуктивность посевов житняка в чистом виде в среднем составляла 17,0 ц/га и имела существенную зависимость от складывающихся климатических условий. Единственное преимущество этого варианта состояло в том, что житняк хорошо подавлял сорную растительность.

Из многолетних трав наибольшей продуктивностью обладала злаково-бобовая многокомпонентная травосмесь. Её главное достоинство состояло из наличия различных видов, биологические особенности которых способны с наибольшей продуктивностью использовать как ранне-весенние осадки (житняка), так и осадки летнего периода вегетации (люцерна).

Несмотря на то, что донник является двулетней культурой, эффект от его присутствия в составе двойной и тройной травосмеси весьма значителен. Неприхотливость к местам произрастания и наличие замечательных фитомелиоративных качеств позволяют этой культуре не только улучшать плодородие почвы, но и создавать благоприятные условия для роста и развития совместно произрастающих с ним трав.

Наблюдения показали, что чем выше продуктивность существующего фитоценоза, тем выше сказывается его влияние на плодородие почвы (табл. 4).

Скорость восстановительного процесса плодородия почвы на залежи в разрезе изучаемых вариантов опыта показывает, что увеличение содержания гумуса в почве во многом зависит не только от климата, но и типа растительности. Эти показатели в комплексе определяют величину поступления органических остатков в почву, скорость и полноту их разложения и гумификацию.

## 2. Оценка качества атмосферного воздуха по показателям флуктуирующей асимметрии берёзы повислой

Место определения	Место расположения относительно санитарно-защитной зоны	Значение показателя флуктуирующей асимметрии и оценка состояния воздушной среды				
		< 0,055 чисто	0,055–0,060 относительно чисто	0,060–0,065 загрязнено (тревога)	0,065– 0,070 грязно (опасно)	>0,070 очень грязно (вредно)
Посёлок Бурлин	северо-западное	0,027				
Посёлок Журсуат	северо-восточное	0,044				
Посёлок Тунгуш	юго-западное			0,063		
Посёлок Берёзовка	южное				0,067	
Город Аксай	юго-западное			0,061		

## 3. Продуктивность залежи и созданных фитоценозов по годам исследования, ц/га

Вариант опыта, культура	Год				Среднее за 2014–2017 гг.
	2014	2015	2016	2017	
Залежь	8,4	5,3	9,8	6,2	7,4
Нут	12,4	7,8	15,4	15,5	12,8
Житняк	11,2	18,0	21,2	17,4	17,0
Житняк + донник	44,3	24,2	27,4	19,8	28,9
Житняк + донник + люцерна	42,3	40,0	47,8	35,6	41,7

## 4. Накопление гумуса в гумусовом горизонте почвы по вариантам опыта

Вариант опыта, культуры	Средняя урожайность за 4 года, ц/га	Содержание гумуса через 5 лет, %	Прирост содержания гумуса, %
Залежь	7,4	2,97	0,12
Нут	12,8	2,99	0,14
Житняк	17,0	3,05	0,20
Житняк + донник	28,9	3,10	0,25
Житняк + донник + люцерна	41,7	3,18	0,33

В условиях самовосстановления залежи содержание гумуса в гумусовом горизонте почвы увеличилось всего на 0,12%. Основной причиной такой низкой скорости восстановления здесь является небольшое видовое разнообразие растений, сходное в биологических особенностях, которое не способно в полной мере использовать существующий природно-климатический потенциал региона. Вне всякого сомнения, с увеличением возраста залежи и сменой этапов растительности на ней продуктивность трав увеличится, что будет способствовать накоплению гумуса. Однако формирование коренной растительности травяных сообществ может происходить спустя 25 лет после самозаращения [11]. Использование нута, ориентированного на восстановление почвенного плодородия за счёт азотфиксации его корневой системы и запашки его вегетативной массы как сидерата, не даёт оснований говорить о перспективности этого варианта. Несмотря на то, что на этом варианте опыта ежегодно возделывалась бобовая культура, оборачивание пахотного слоя при запашке его вегетативной массы приводило к повышенной аэрации почвы. В результате в условиях тёплого летнего периода здесь наблюдалась усиленная минерализация накопленного органического вещества.

Залужение залежи только житняком является самым распространённым, но, как оказалось, далеко не самым эффективным агроприёмом. Конечно, посеvy житняка лишают возможности бурного произрастания на залежи сорной растительности, а также способны быстро довести плотность почвы до оптимального её значения. В то же время расчёты показывают, что при условии дальнейшего сохранения темпов роста плодородия почвы, полное восстановление содержания гумуса на залежи под житняком может произойти только как минимум через 27 лет.

Включение донника в качестве дополнительной культуры к житняку обеспечивает не только высокую продуктивность фитоценоза на второй год после посева, но и увеличивает продуктивность произрастаемого с ним житняка. Дополнительное обогащение почвы азотом за счёт азотфиксирующей способности донника на этом варианте опыта способствует увеличению продуктивности житняка в среднем за три года на 4,9 ц/га, или на 25,9%, а скорость воспроизводства гумуса до уровня его целинного содержания может сократиться на 5 лет и составить 22 года.

За счёт универсальной структуры фитоценоза злаково-бобовая травосмесь, состоящая из житняка, донника и люцерны, имела наивысшую продуктивность в сравнении с другими вариантами опыта. Имеющиеся различия в видовом составе фитоценоза обеспечивали лучшее использование ресурсов увлажнения. С другой стороны, люцерна как бобовая культура способна обеспечивать житняк дополнительным азотным питанием более длительное время в сравнении с донником.

На этом варианте опыта была получена наивысшая продуктивность фитоценоза, обеспечившая самый высокий прирост содержания гумуса в почве за один и тот же промежуток времени. Этот вариант опыта продемонстрировал наибольшую отзывчивость на уровень выпадения вегетационных осадков, проявляя при этом высокую устойчивость и к температурному режиму воздуха. Так, коэффициент корреляции злаково-бобового фитоценоза с общим количеством осадков, выпавших за весенне-летний период (май – август), имел очень высокую взаимосвязь ( $R=0,912\pm 0,08$ ). Расчетный период восстановления плодородия почвы под этим фитоценозом может сократиться до 14 лет.

Коэффициент корреляции залежной растительности с тем же количеством осадков за май – август составил  $R=0,671\pm 0,021$ . Вариант с чистым посевом житняка имел коэффициент корреляции несколько выше –  $R=0,779\pm 0,018$ , а вариант житняка с донником имел  $R=0,833\pm 0,012$ .

**Выводы.** Быстрое восстановление плодородия почвы на залежных почвах КНГКМ имеет глобальное значение для биосферы Земли в целом и предотвращения процессов антропогенного опустынивания.

Расширение производственной деятельности КНГКМ способствует расширению распространения загрязнения на другие территории, расположенные за пределами санитарно-защитной зоны. Дополнительное вовлечение в зону техногенного влияния КНГКМ новых природно-ландшафтных территорий влечёт за собой потерю уровня плодородия на этих землях и снижение существующего здесь биоразнообразия.

Возобновление роста коренной растительности на залежных землях невозможно без быстрого достижения почвой определённых физических свойств. Так как степному разнотравью не свойственно поселяться на рыхлых почвах, то плотный

дерновинный слой можно быстро сформировать за счёт посева многолетних как злаковых, так и злаково-бобовых трав.

Залежная сукцессия имеет очень длительный период самовосстановления. Ход этой сукцессии может не ограничиться 25–30 годами и в условиях изменения климата в сторону потепления может увеличиться ещё на десятилетия. Поэтому залежная система на территории Карачаганакского нефтегазоконденсатного месторождения и прилегающей территории должна иметь не стихийное явление случайных форм, а определённую и целенаправленную систему восстановления.

Залужение залежных земель многокомпонентной злаково-бобовой травосмесью позволяет в 2 и более раза сократить период восстановления плодородия почвы, что неизбежно повлечёт за собой и быстрое восстановление экологических функций почвы с присущим ей коренным степным биоразнообразием.

### Литература

1. Кобегенова Х.Н., Шакинова Т.К. Деградация свойств почвы в результате воздействия природных и антропогенных факторов на территории Республики Казахстан // Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема. 2017. № 3 (28). С. 32–38.
2. Жумадилова Н.Б. Основные тенденции и последствия деградации земель в Республике Казахстан // Сайфуллинские чтения-13: сохранения традиции, создавая будущее: матер. Республик. науч.-теоретич. конф., посвящ. 60-летию Казахстанского АТУ им. С. Сейфуллина. Астана, 2017. Т. 1. Ч. 4. С. 413–415.
3. Иванов В.В. Степи Западного Казахстана в связи с динамикой их покрова. М.: Академия наук, 1958. 288 с.
4. Отчёт о научно-исследовательской работе по теме: «Биологическая рекультивация нарушенных экосистем Карачаганакского нефтегазоконденсатного месторождения и прилегающей территории» / М.М. Фартушина, С.Г. Чекалин, Г.С. Кайсагалиева, М.К. Есеналиева. Уральск, 2014. 80 с.
5. Карпачевский Л.О. Экология почвы. М.: ГЕОС, 2005. 335 с.
6. Чекалин С.Г. Особенности усвоения осадков холодного периода в неполиваемом земледелии Западного Казахстана // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2011. № 4 (32). С. 54–57.
7. Чекалин С.Г. Эффективность различных полупокровных культур при посеве многолетних трав // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 2012. № 10. С. 46–51.
8. Мелехова О.П., Сарапульцева Е.И. Биологический контроль окружающей среды. М.: Академия, 2010. 288 с.
9. Колосков П.И. Агроклиматическое районирование Казахстана. М.: Академия наук, 1947. 268 с.
10. Нарциссов В.П. Научные основы систем земледелия. М.: Колос, 1982. 327 с.
11. Романовская А.А. Органический углерод в почвах залежных земель России // Почвоведение. 2006. № 1. С. 52–61.