

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВАРИАНТОВ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ БУРОВЫХ ШЛАМОВ

В. С. ПЕТУХОВА,

доцент,

Л. Н. СКИПИН,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой,

Д. Л. СКИПИН,

кандидат экономических наук, доцент, исполняющий обязанности заведующего кафедрой,

Тюменский государственный университет

(625003, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 6)

**Ключевые слова:** буровой шлам, рекультивация, мелиоранты, ризоторфин.

Интенсивное увеличение числа буровых амбаров в условиях нарастающей добычи углеводородного сырья требует научных подходов для рекультивации шламовых хранилищ. Отрицательные химические и физические свойства буровых шламов полностью исключают их из биогенного круговорота веществ. Использование кальцийсодержащего коагулянта (фосфогипса) позволяет устранить щелочность, уменьшить токсичность солей, улучшить физические свойства буровых шламов (заплываемость, фильтрацию, набухаемость, дисперсность и др.). Нейтрализация указанных свойств происходит за счет вытеснения обменного натрия из поглощающего комплекса бурового шлама кальцием фосфогипса. Внесение фосфогипса позволяет создать благоприятную среду для активности клубеньковых бактерий, обеспечивающих культуры-фитомелиоранты биологически фиксированным азотом. Лабораторные опыты на бобовом агаре показали, что внесение кальция в питательную смесь в 7 и более раз увеличивает численность клубеньковых бактерий в сравнении с содовым засолением. Важно отметить, что выбуренная масса на поверхности почвы обладает практически абсолютной стерильностью. Конечной целью комплекса работ по рекультивации является создание среды, обеспечивающей восстановление биологической продуктивности и выполнение других экологических функций. В большинстве случаев существует необходимость в искусственном восстановлении растительного покрова. Основным мероприятием фитомелиоративного этапа следует считать посев многолетних трав, устойчивых к солевому и нефтяному загрязнению, в сочетании со всем комплексом агротехнических мероприятий, способствующих получению максимально возможного урожая. Наибольший интерес среди бобовых культур в этом плане представляют донник желтый и люцерна синегрибридная. Они обладают ценным комплексом агробиологических и хозяйственных признаков. Важной биологической особенностью является их способность усваивать атмосферный азот. В результате разложения корней и клубеньков значительно возрастает содержание азота в рекультивируемом слое. Мощная корневая система бобовых трав улучшает физические свойства, воздушный и водный режимы, повышает общую микробиологическую деятельность и способствует расселению окультуривания мелиорируемого слоя.

## COMPARATIVE ASSESSMENT OF ALTERNATIVES FOR BIOLOGICAL RESTORATION OF DRILL CUTTINGS

V. S. PETUKHOVA,

assistant professor,

L. N. SKIPIN,

doctor of agricultural sciences, professor, head of the department,

D. L. SKIPIN,

candidate of economic sciences, assistant professor, acting head of the department,

Tyumen State University

(6 Volodarskogo Str., 625003, Tyumen)

**Keywords:** drilling waste, land reclamation, land improvers, risorphine, tuber bacteria, oil destructors, phytomeliorent.

The intensive increase in the number of drilling pits in terms of increasing hydrocarbon production requires scientific approaches to improvement of slurry storage facilities. The use of calcium-containing coagulant of phosphogypsum eliminates the alkalinity, reduce the toxicity of salts to improve the physical properties of drill cuttings (floatation and swelling abilities, filtration, dispersion, etc.). Neutralization of these properties occurs due to displacement of exchangeable sodium from the absorbing complex of drill cuttings by calcium-phosphogypsum. The introduction of phosphogypsum allows to create a favorable environment for the activity of tuber bacteria, providing such cultures as phytomeliorent by biologically fixed nitrogen. Laboratory experiments on bean agar showed that the introduction of calcium in the nutrient mixture 7 or more times increases the number of tuber bacteria in comparison with soda salinization. It is essential to mention that the mass of cuttings on the soil surface has almost absolute sterility. The ultimate goal for the set of activities in the field of rehabilitation work is to create an environment for the restoration of biological productivity and to perform many other ecological functions. In most cases there is a need for artificial revegetation. Main activity in the land improvement works should be considered as the sowing of perennial grasses that are resistant to salt and oil contamination, in the combination with a variety of agronomic measures, these would produce the maximum possible yield. The greatest interest among leguminous crops in this regard evoke the yellow sweet clover and alfalfa seneviratna. They possess a valuable combination of agrobiological and economic characteristics. An important biological feature is their ability to assimilate atmospheric nitrogen. Because of the decomposition of roots and nodules nitrogen content in recultivated layer is significantly increased. Strong root system of legumes improves the physical properties, air and water regimes, increases the overall microbiological activity and promotes desalinization of cultivated topsoil.

Положительная рецензия представлена Г. Ш. Турсунбековой, доктором сельскохозяйственных наук, профессором кафедры общей биологии Государственного аграрного университета Северного Зауралья.

Для условий Западной Сибири использование бобовых многолетних трав актуально и своевременно, так как для растений из всех элементов питания азот находится в первом минимуме. Тем более, что у растений, выращиваемых на рекультивируемых буровых шламах, азотный обмен нарушен сильнее. Увеличение на рекультивируемых участках доли многолетних бобовых трав позволит создать положительный баланс органического вещества в среде, увеличить зеленую массу обеспеченность азотом и микробиологическую активность. В качестве культур-фитомелиорантов предлагается использовать донник желтый (*Melilotus officinalis* (L.) Pall.) и люцерну синегридную (*Medicago sativa* L.) [1–3, 5, 6, 8, 10–13].

Развитие растений происходит под постоянным воздействием всех экологических факторов, а для получения высоких урожаев культур-фитомелиорантов необходимо их оптимальное сочетание. На буровых шламах ограничивающим фактором для растений и клубеньковых бактерий являются высокое содержание солей и щелочность, заплываемость, безструктурность, низкая фильтрация, гидрофильность и др. Растение не просто приспосабливается к внешним условиям, оно также положительно влияет на среду обитания [4, 7, 10, 14].

**Цель и методика исследования.** Цель – создание оптимальных условий для жизнедеятельности культур-фитомелиорантов, клубеньковых и нефтеокисляющих бактерий при освоении буровых шламов.

Задачи исследования:

1. Выявить параметры жизнедеятельности и возможность использования солеустойчивых штаммов клубеньковых бактерий.
2. Определить оптимальный вариант биологической рекультивации буровых шламов.

Параметры жизнедеятельности клубеньковых бактерий изучались в лабораторных опытах на бобовом агаре с добавлением количества солей, соответствующих изучаемому варианту. Солеустойчивость штаммов клубеньковых бактерий испытывались на предельно засоленных средах применительно к каждому химизму засоления [11].

Вегетационно-полевые опыты проводились в летнее время (2008–2009 гг.) в сосудах Митчерлиха диаметром 30 см, вместительностью 3 кг бурового шлама, в качестве фильтрата брали песок в количестве 2 кг, норма высева – 14 растений на один сосуд, что соответствует 2 млн всхожих семян на 1 га. Посев осуществлялся проросшими семенами с одинаковым размером всех проростков в шестикратной повторности. При достижении укосной спелости производился учет зеленой массы растений [11].

Нами был выбран мелиорант фосфогипс, так как он обладает рядом положительных свойств, в част-

ности, не слеживается, что важно при доставке его на большие расстояния в открытом виде, имеет высокое содержание действующего вещества Са, и до 1,5–3 %  $P_2O_5$ . Это играет определяющую роль в активности симбиотического аппарата у бобовых культур. Положительным моментом его использования является то, что он является отходом химического производства, его запасы на территории Уральского федерального округа исчисляются миллионами тонн. Это определяет важную причину для его последующей утилизации.

**Результаты исследования.** При разработке параметров жизнедеятельности клубеньковых бактерий бобовых культур-фитомелиорантов (донника и люцерны) в питательных смесях установлено, что ризобии более отрицательно реагировали на щелочную среду, обусловленную нормальной и двууглекислой содой. Токсичность  $NaHCO_3$  и  $Na_2CO_3$  была в 4–10 раз выше, чем нейтральных солей. Преобладание соды в составе нейтральных солей (сульфатно-содовое засоление) повышает их токсичность в сравнении с нейтральным типом в 2,3–3,5 раза. Нейтральные соли ( $NaCl$  и  $Na_2SO_4$ ) при концентрации 0,2–0,8 % благоприятно сказываются на жизнедеятельности клубеньковых бактерий в питательных средах, при уровне засоления 2–3 % они способны полностью подавлять ризобии. Кальций гипса повышает устойчивость ризобий к повышенной концентрации солей в 7,5 раз в сравнении с содовым засолением.

Использование тестирования разных штаммов клубеньковых бактерий донника и люцерны в лабораторных и микровегетационных опытах с применением питательных сред разного химизма, доведенных до критического уровня засоления, показало, что наиболее устойчивым был штамм люцерны 4236, из ризобий донника этой характеристикой обладал штамм 282.

Исследования двух лет в вегетационно-полевых опытах показали, что урожай зеленой массы донника желтого на контроле составил 73,10 г/сосуд, продуктивность донника сдерживалась высокой щелочностью, повышенным содержанием водорастворимых солей, заплываемостью, безструктурностью, низкой фильтрационной способностью, дефицитом азота.

Внесение ризоторфина частично устраняло дефицит азота, но не улучшало физических и химических свойств самого бурового шлама. Урожай донника при внесении ризоторфина составил 87,13 г/сосуд. Можно отметить, что средняя прибавка урожая зеленой массы донника от использования ризоторфина достигала 14,03 г/сосуд, что указывает на высокую значимость действия данного фактора на 0,5 % уровне значимости (показатель  $HCp_{05}$  колебался в пределах 6,67–6,99).

Действие нефтеструктора слабо проявлялось без внесения мелиоранта-фосфогипса, прибавка

Таблица 1

Влияние вариантов рекультивации бурового шлама на урожай зеленой массы донника желтого, г/сосуд

Table 1

**Effect of reclamation options of drill cuttings on the yield of green mass of *Melilotus officinalis*, g/vessel**

№ п/п № p/p	Варианты Options	Годы Years		Среднее за 2 года Average for 2 years	± к контролю ± to the control
		2008	2009		
1	БШ (контроль) <i>Drill cuttings (control)</i>	67,95	78,25	73,10	–
2	БШ + ризоторфин <i>DC + rhyssotorphinum</i>	83,58	90,68	87,13	+ 14,03
3	БШ + ризоторфин + нефтедеструктор <i>DC + rhyssotorphinum + crude oil degrader</i>	87,58	91,63	89,61	+ 16,51
4	БШ + фосфогипс <i>DC + phosphogypsum</i>	128,68	131,77	130,23	+ 57,13
5	БШ + фосфогипс + ризоторфин <i>DC + phosphogypsum + rhyssotorphinum</i>	158,25	166,02	162,13	+ 89,03
6	БШ + фосфогипс + ризоторфин + нефтедеструктор <i>DC + phosphogypsum + rhyssotorphinum + crude oil degrader</i>	200,63	206,30	203,47	+ 130,37
7	БШ + фосфогипс + ризоторфин + нефтедеструктор + торф <i>DC + phosphogypsum + rhyssotorphinum + crude oil degrader + peat</i>	221,43	227,65	224,54	+ 151,44
8	БШ + ризоторфин + нефтедеструктор + торф <i>DC + rhyssotorphinum + crude oil degrader + peat</i>	100,60	106,75	103,68	+ 30,58
	НСР <i>NCR<sub>05</sub></i>	6,67	6,99		

Таблица 2

Влияние вариантов рекультивации бурового шлама на урожай зеленой массы люцерны синегибридной, г/сосуд

Table 2

**Effect of reclamation options of drill cuttings on the yield of green mass of *Medicago sativa*, g/vessel**

№ п/п № p/p	Варианты Options	Годы Years		Среднее за 2 года Average for 2 years	± к контролю ± to the control
		2008	2009		
1	БШ (контроль) <i>Drill cuttings (control)</i>	98,00	92,38	95,19	–
2	БШ + ризоторфин <i>DC + rhyssotorphinum</i>	161,48	169,83	165,66	+ 70,47
3	БШ + ризоторфин + нефтедеструктор <i>DC + rhyssotorphinum + crude oil degrader</i>	186,62	190,27	188,44	+ 93,25
4	БШ + фосфогипс <i>DC + phosphogypsum</i>	199,88	202,50	201,19	+ 106,00
5	БШ + фосфогипс + ризоторфин <i>DC + phosphogypsum + rhyssotorphinum</i>	225,72	232,40	229,06	+ 133,87
6	БШ + фосфогипс + ризоторфин + нефтедеструктор <i>DC + phosphogypsum + rhyssotorphinum + crude oil degrader</i>	229,45	235,68	232,57	+ 137,88
7	БШ + фосфогипс + ризоторфин + нефтедеструктор + торф <i>DC + phosphogypsum + rhyssotorphinum + crude oil degrader + peat</i>	247,77	250,80	249,28	+ 154,09
8	БШ + ризоторфин + нефтедеструктор + торф <i>DC + rhyssotorphinum + crude oil degrader + peat</i>	186,68	192,71	189,70	+ 94,50
	НСР <i>NSR<sub>05</sub></i>	7,55	6,70		

урожая в условиях 2008 и 2009 гг. от его использования была несущественной, то есть ниже показателя НСР<sub>05</sub>.

Внесение фосфогипса в оптимальной дозе коренным образом улучшало химические и физические свойства бурового шлама, увеличивало обе-

спеченность его фосфором, это способствовало получению прибавки урожая зеленой массы донника до 130,37 г/сосуд, что указывает на очень высокий мелиоративный эффект использования фосфогипса в качестве коагулянта.



Комплексное использование фосфогипса в сочетании с ризоторфином, нефтеструктуром и добавлением торфа способствовало увеличению прибавки зеленой массы донника до 151,44 г/сосуд. Вариант 6, где используется фосфогипс в сочетании с ризоторфином и нефтеструктуром (при отсутствии торфа) может применяться как самостоятельный агробиологический прием для рекультивации бурового шлама.

Таким образом исследования показали, что наибольший мелиоративный эффект достигается на вариантах 6 (буровой шлам + фосфогипс + ризоторфин + нефтеструктор) и 7 (буровой шлам + ризоторфин + фосфогипс + нефтеструктор + торф). При отсутствии запасов качественного торфа вариант с использованием фосфогипса, ризоторфина и нефтеструктора может быть вполне приемлемым для рекультивации бурового шлама.

Анализ вегетационно-полевого опыта с синегрибридной люцерной (табл. 2) показал аналогичную закономерность по опытным вариантам. Так, наиболее эффективным вариантом был вариант 7 с участием всего комплекса мероприятий (прибавка урожая зеленой массы за 2 года составила 154,09 г/сосуд).

Результаты, полученные в опыте 2, также свидетельствуют, что использование одного ризоторфина (вариант 2) не обеспечивает максимального мелиоративного эффекта, прибавка урожая ограничивается дефицитом азота и фосфора наличием загрязнителя – нефти. При отсутствии фосфогипса и нефтеструктора сохраняются отрицательные физические и химические свойства бурового шлама прибавка урожая зеленой массы синегрибридной люцерны в данном варианте 2 составила 70,47 г/сосуд.

**Выводы.** В итоге проведения указанных экспериментов установлено, что использование варианта 6 для рекультивации бурового шлама с одновременным использованием рассмотренных бобовых трав (донник желтый, люцерна синегрибридная) обеспечивает стабильную прибавку урожая зеленой массы без использования торфа. Важным условием рекультивации бурового шлама является применение фосфогипса, так как при его наличии в буровом шламе изменяются коренным образом физические и химические свойства.

### Литература

1. Киреева Н. А. Моделирование деградации углеводородов под посевами костреча и вопросы фиторемедиации // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. № 1–9. С. 2237–2239.
2. Киреева Н. А. Подбор растений для фиторемедиации почв, загрязненных углеводородами // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 3–4. С. 1266.
3. Киреева Н. А. Мониторинг детоксикации и биоремедиации почвы, загрязненной нефтешламом // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. № 1–9. С. 2415–2417.
4. Орлова А. Г. Побегообразовательная способность и урожайность различных сортов люцерны в зависимости от инокуляции семян бактериальными препаратами // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2013. № 35. С. 52–57.
5. Осипова Е. С. Особенности биохимических механизмов защиты у осоки острой при действии нефтяного загрязнения среды // Современные проблемы науки и образования. 2013. С. 472.
6. Петухова В. С., Скипин Л. Н., Митрофанов Н. Г. Подбор коагулянтов для улучшения свойств буровых шламов // Ползуновский вестник. 2011. № 4–2. С. 180–181.
7. Посыпанов Г. С. Биологический азот. Проблемы экологии и растительного белка. М., 1993. 267 с.
8. Петухова Г. А., Осипова Е. С. Влияние нефтяного загрязнения на биохимические и физиологические показатели растений // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. 2014. Ч. 1. С. 131–135.
9. Садовникова Л. К. Экология и охрана окружающей среды при химическом загрязнении : учебное пособие. М., 2008. 334 с.
10. Салангинас Л. А. Изменения свойств почв под воздействием нефти и разработка системы мер по их реабилитации. Екатеринбург, 2003. 411 с.
11. Скипин Л. Н. Солонцы Сибири: Экологические аспекты освоения. Тюмень, 2000. 261 с.
12. Скипин Л. Н. Параметры жизнедеятельности клубеньковых бактерий при изменении эдафических факторов // Вестник КрасГАУ. 2014. № 6. С. 103–108.
13. Скипин Л. Н., Перфильев Н. В., Петухова В. С. Подбор штаммов клубеньковых бактерий для рекультивации засоленных почв, грунтов и буровых шламов // Аграрный вестник Урала. 2014. № 7. С. 81–83.
14. Скипин Л. Н. Активность клубеньковых бактерий в условиях засоления буровых шламов // Актуальные проблемы строительства, экологии и энергосбережения в условиях Западной Сибири : мат. междунар. науч.-практ. конф. Тюмень, 2014. С. 196–202.

### References

1. Kireeva N. A. Modelling of degradation of hydrocarbons under crops of meadow brome and fitoremediation questions // News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2012. Vol. 14. № 1–9. P. 2237–2239.

2. Kireeva N. A. Matching of plants for a fitoremediation of the soils polluted by hydrocarbons // News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2013. Vol. 15. № 3–4. P. 1266.
3. Kireeva N. A. Monitoring of detoxication and bioremediation of the soil polluted by oil slime // News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2012. Vol. 14. № 1–9. P. 2415–2417.
4. Orlova A. G. Shoot-forming capacity and productivity of various grades of lucerne depending on the inoculation of seeds with bacterial medicines // News of the St. Petersburg State Agricultural University. 2013. № 35. P. 52–57.
5. Osipova E. S. Features of biochemical mechanisms of protection at a sedge of the environment, sharp in case of action of oil pollution // Modern problems of science and education. 2013. P. 472.
6. Petukhova V. S., Skipin L. N., Mitrofanov N. G. Matching of coagulants for improvement of properties of boring slimes // Polzunovsky messenger. 2011. № 4–2. P. 180–181.
7. Posypanov G. S. Biological nitrogen. Environmental problem and vegetable protein. M., 1993. 267 p.
8. Petukhova G. A., Osipova E. S. Influence of oil pollution on biochemical and physiological indicators of plants // Theoretical and applied aspects of modern science. 2014. Part 1. P. 131–135.
9. Sadovnikova L. K. Ecology and environmental protection in case of chemical pollution: education guidance. M., 2008. 334 p.
10. Salanginas L. A. Changes of properties of soils under the influence of oil and development of the system of measures for their rehabilitation. Ekaterinburg, 2003. 411 p.
11. Skipin L. N. Solonchic soils of Siberia: Ecological aspects of development. Tyumen, 2000. 261 p.
12. Skipin L. N. Activity parameters of the nodule bacteria in case of change of the soil factors // Messenger of KrasSAU. 2014. № 6. P. 103–108.
13. Skipin L. N., Perflyev N. V., Petukhova V. S. Matching of strains of the nodule bacteria for recultivation of the salted soils, soil and drill cuttings // Agrarian Bulletin of the Urals. 2014. № 7. P. 81–83.
14. Skipin L. N. Activity of the nodule bacteria in the conditions of salinization of boring slimes // Urgent problems of a construction, ecology and energy saving in the conditions of Western Siberia : proc. of the intern. scient. and pract. symp. Tyumen, 2014. P. 196–202.