

УДК 631.445.52:553.982(470.53)

Ираида Алексеевна Самофалова

Пермский государственный аграрно-технологический университет,
614990, г. Пермь, ул. Петропавловская
e-mail: samofalovairaida@mail.ru

Iraida A. Samofalova

Perm State Agro-Technological University
23, Petropavlovskay st., Perm, 614990
e-mail: samofalovairaida@mail.ru

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННО-ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ НА ТЕРРИТОРИИ АПТУГАЙСКОГО НЕФТЯННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Рассматривается влияние техногенного засоления при нефтедобыче на свойства дерново-подзолистых почв: морфологию, агрегатный состав, агрохимические свойства, водную вытяжку. Агроэкологическая оценка показала, что почвы являются сильнозасоленными и приобретают критические уровни показателей по основным свойствам, при которых резко ухудшаются другие важные агрономические свойства почв.

Ключевые термины: техногенное засоление, нефтедобыча, дерново-подзолистые почвы, оценка, свойства почв, легкорастворимые соли.

AGRO-ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF TECHNOGENICALLY SEDICATE SOILS ON THE TERRITORY OF THE APTUGAYA OILFIELD

The influence of anthropogenic salinization during oil production on the properties of sod-podzolic soils: morphology, aggregate composition, agrochemical properties, water extract is considered. The agro-environmental assessment showed that the soils are highly saline and acquire critical levels of indicators for the main properties, at which other important agronomic properties of the soil deteriorate sharply.

Key terms: technogenic salinization, oil production, sod-podzolic soils, assessment, properties of soils.

При интенсивной разработке нефтяных месторождений и их эксплуатации, окружающая среда испытывает техногенную нагрузку, часто приводящую к загрязнению и деградации агроэкосистем. Одним из геоэкологических факторов, оказывающих негативное воздействие при добыче нефти, является техногенное засоление почв [1, 4, 11]. Процессы загрязнения земель нефтью и способы рекультивации нефтезагрязнённых земель достаточно широко освещены в научной литературе, имеется многолетний положительный опыт проведения работ по рекультивации нефтезагрязнённых участков. При работе нефтетрубопроводов разгерметизации встречаются не только на нефтесборных сетях, но и на водоводах, где внутренняя коррозия усиливается под действием растворённых солей и рабочего давления в 14-21 Мпа [11]. Проблема техногенного засоления земель на нефтяных месторождениях и способы их рекультивации менее изучены, чем загрязнение земель нефтью. Техногенез способствует развитию устойчивого засоления даже в районах с гумидным климатом, где данные явления нетипичны вследствие промывного режима почв [2, 4, 8, 9]. Техногенное засоление связано с аварийными разливами высокоминерализованных вод, которые используются для поддержания пластового давления

в скважинах, также способствует и нефтяное загрязнение земель ввиду сильной обводнённости сырой нефти минерализованными водами [4, 11].

Особенностью нефти как загрязнителя природной среды является наличие сопутствующих веществ, без которых нефть в природе не существует. Постоянные спутники нефти – пластовые воды, которые играют большую роль в формировании залежи и процессе ее разработки [10]. Пластовые воды нефтяных месторождений всегда содержат в растворённом виде в том или ином количестве соли, некоторые органические вещества и газы, которые оказывают более сильное негативное воздействие, чем сами углеводороды [5]. При нефтедобыче обязательно происходит разделение нефти и пластовых вод, которые транспортируют по трубопроводам. Трубопроводы располагаются под почвенной толщей и проходят по территории сельскохозяйственных предприятий.

Техногенное засоление приводит к развитию солонцового процесса. В зависимости от ландшафтно-геохимических условий происходит трансформация загрязнённых почв. Таким образом, в сфере влияния потоков загрязнителей происходит замещение исходных почв устойчивыми техногенными модификациями, что приводит к глубокому изменению естественных биоценозов [2, 3].

Разнообразие и состав полезных ископаемых Уральского региона определяются историей его

геологического развития, составом горных пород и региональным тектоническим строением. Основу минерально-сырьевой базы этой части региона составляют месторождения топливно-химического сырья (нефть, газ, торф). Наиболее значительные зоны нефтегазоаккумуляции связаны главным образом с южной частью Пермского края. Здесь располагаются такие месторождения, как Ольховское, Лобановское, Красноярско-Куединское и др., которые являются основным поставщиком нефти.

Исследования проводили на территории Аптугайского нефтяного месторождения, где располагаются сельскохозяйственные угодья СПК им. «Чапаева» Куединского района. В результате разгерметизации трубопровода, проходящего через земли хозяйства, часть сельскохозяйственных угодий подверглась техногенному засолению.



А) Поверхность поля, где проложен трубопровод

Цель исследования – установить степень влияния техногенного засоления на свойства дерново-подзолистых почв и дать их агроэкологическую оценку.

Общая площадь «техногенной пустыни» на территории хозяйства составляет около 80 га. Согласно почвенной карте [7], почвенный покров представлен дерново-слабоподзолистыми почвами, которые по гранулометрическому составу являются тяжелыми с достаточно высоким содержанием мелкой пыли и ила, что способствует поглощению и закреплению солей в почве. Разрезы почв заложены на поле с уклоном (более 3,0°) на разных участках по состоянию культурных растений (многолетние травы 2-го года пользования): разрез 1 (верхняя часть склона) – растения угнетены; разрез 2 (средняя часть склона) – изреженные всходы; разрез 3 (нижняя часть склона) – посевы отсутствуют (рис. 1).



Б) Поверхность разреза 3

Рисунок 1. Поверхность поля

Характеристика поверхности почв: поверхность не выровненная, глыбистая, имеются ямы и канавы, в которых стоит вода; на поверхности и внутри почвенных агрегатов встречаются твердые кусочки нефти; сорняки: подорожник большой (*Plantago major*), нивяник (*Leucanthemum vulgare*), щавель конский (*Rumex confertus*), цикорий (*Cichorium intybus*), тысячелистник (*Achillea millefolium*), проективное покрытие которых составило 30-45%

Для определения характера и степени загрязнения были отобраны почвенные образцы послойно через 20 см до глубины 100 см и по генетическим горизонтам до почвообразующей породы. Для сравнения загрязненных почв выбран не загрязненный участок выше загрязненной территории в удалении от техногенного засоления (540 м) на водоразделе (разрезы 4, 5). Эти разрезы приняты условно за фон, так как сохраняют зональные особенности почв южно-таежной подзоны. Свойства почв определяли общепринятыми методами в лаборатории кафедры почвоведения Пермского ГАТУ.

Морфологические признаки исследуемых почв на техногенно-засоленной территории изменяются в сравнении с фоновыми почвами. Обнаружено, что цвет пахотного горизонта в засоленных почвах имеет коричневые оттенки, связанные с загрязнением. С

удалением от «техногенной пустыни» цвет пахотного горизонта становится светло-серым (табл. 1). Таким образом, засоленные дерново-подзолистые почвы в меньшей степени соответствуют по морфологическим признакам зональным дерново-слабоподзолистым почвам.

Гранулометрический анализ показал, что почвы по содержанию физической глины являются глинистыми. Однако следует отметить, что распределение физической глины по профилю сильнозасоленной почвы (разрез 1) незначительно повышается в подпахотном горизонте, а затем незначительно снижается и остается на одном уровне. В незасоленной почве (разрез 4) отмечается характерное для дерново-подзолистой почвы содержание физической глины по профилю: обеднение верхней части профиля и обогащение илом иллювиального горизонта. Преобладающей фракцией в засоленной почве является пылеватая, далее по относительному содержанию следует песчаная фракция с преобладанием в ней мелкого песка. В незасоленной почве преобладает фракция крупной пыли, а затем пылеватая. Почвы по гранулометрическому составу являются тяжелыми с достаточно высоким содержанием мелкой пыли и ила, что способствует поглощению и закреплению солей в почве.

Таблица 1

Морфологические признаки почв на техногенно-засоленной территории

Показатели	Разрез 5	Разрез 4	Разрез 1	Разрез 2	Разрез 3
Элемент рельефа	Верхняя часть склона	Верхняя часть склона	Склон 1,5°	Нижняя часть склона	Подножье склона
Удаление от «техногенной пустыни», м	980	530	200	150	0
Мощность Апах, см	27	23	20	18	21
Цвет	Светло-серый	Светло-сероватый	Буровато-серый	Коричневато-серый	Коричневато-бурый
Плотность	Рыхлый	Рыхлый	Рыхлый	Уплотненный	Плотный
Подпахотный горизонт	A ₁ A ₂	A ₂ B	B ₁	A ₂ B	A ₂ B

По данным водной вытяжки проведена оценка общего количества водорастворимых солей, аккумулирующихся в пределах почвенного горизонта и части почвенного профиля. Содержание сухого остатка варьирует в пределах от 14,45-18,97% в верхнем слое почв и до 2,10-5,41% на глубине 80-100см (табл. 2). Причем, при движении вниз по склону содержание солей в почвах увеличивается как в верхней, так и в нижней части профилей почв. Величина сухого остатка является наибольшей в верхней части профиля. Соли содержатся в значительном количестве (>1%) в пределах всего профиля, что свидетельствует о прогрессивном засолении почв. Такие почвы представляют собой мощные солончаки.

Содержание катионов кальция и магния возрастает от разреза 1 (уклон <1,5°) к разрезу 3 (>3,0°) в 5,1 и в 12,5 раз соответственно; SO₄²⁻ – в 5 раз; HCO₃³⁻ – в 4,3 раза; Cl⁻ – в 1,1 раза (табл. 3). Таким образом, за счет внутрипочвенного и поверхностного стока происходит засоление на прилегающей к загрязненному участку территории.

Отрицательное воздействие на рост и развитие растений оказывает не только количественное

содержание легкорастворимых солей, но и их качественный состав. Для отдельных ионов приняты следующие пороги токсичности %/мг-экв на 100г почвы: Cl⁻ – 0,01/0,3; SO₄²⁻ – 0,08/1,7. Таким образом, содержание сульфат- и хлор-ионов в исследуемых почвах является токсичным, так как превышает пороги токсичности в 1,6-6,0 и 7,3-124,8 раз соответственно, что угнетает развитие растений и позволяет отнести исследуемые участки к загрязненным токсичными солями.

Оценка степени засоления по содержанию солей показала, что в почвах, расположенных в верхней части склона, проявляется сульфатно-хлоридное засоление в слое 0-40см. При движении вниз по склону сульфатно-хлоридное засоление в верхней части профиля постепенно сменяется на хлоридно-сульфатное практически по всему профилю (разрез 3). Причем, по типу засоления почва разреза 3 является солончаком. Определение «суммарного эффекта» влияния токсичных ионов показало, что по степени засоления почвы являются очень сильнозасоленными и максимально засоление проявилось в почвах в нижней части склона.

Таблица 2

Результаты анализа водной вытяжки почвенных образцов

Разреза	Глубина взятия, см	pH	Сухой остаток %	Cl ⁻		SO ₂ ⁻		Ca ²⁺		Mg ²⁺		Na ⁺ , K ⁺		HCO ⁻	
				мг.экв/100г	%	мг.экв/100г	%	мг.экв/100г	%	мг.экв/100г	%	мг.экв/100г	%	мг.экв/100г	%
1	0-20	6,3	14,45	28,7	1,01	16,0	0,77	0,98	0,01	0,20	0,002	44,31	1,38	0,79	0,05
	20-40	6,2	11,66	27,01	0,96	12,1	0,58	1,98	0,03	1,90	0,022	36,49	1,13	1,27	0,08
	40-60	5,9	9,93	25,2	0,89	30,4	1,46	3,76	0,07	0,60	0,007	59,34	1,84	8,1	0,49
	60-80	6,1	6,83	20,3	0,72	78,5	3,77	2,15	0,04	0,50	0,006	97,80	3,04	1,65	0,10
	80-100	6,0	2,10	19,6	0,69	83,1	3,99	0,74	0,01	0,20	0,002	103,3	3,20	1,5	0,09
2	0-20	6,1	15,59	28,1	0,99	13,1	0,63	4,34	0,08	2,90	0,034	35,56	1,10	1,6	0,09
	20-40	5,9	13,87	27,4	0,97	58,7	2,82	4,02	0,08	2,10	0,025	81,34	2,53	1,36	0,08
	40-60	6,3	10,51	25,8	0,91	32,3	1,55	3,28	0,06	1,11	0,013	55,46	1,72	1,75	0,11
	60-80	6,2	4,32	23,2	0,81	120,5	5,79	2,19	0,04	0,34	0,004	142,72	4,43	1,55	0,09
3	0-20	6,3	18,97	31,4	1,11	79,1	3,80	5,03	0,10	2,50	0,030	105,97	3,29	3,0	0,18
	20-40	6,3	14,83	38,0	1,09	65,8	3,16	4,24	0,08	1,14	0,013	104,57	3,25	6,15	0,38
	40-60	6,5	15,89	27,8	0,98	116,4	5,59	3,12	0,06	0,87	0,010	143,96	4,47	3,75	0,23
	60-80	6,0	11,97	24,7	0,87	118,3	5,68	1,15	0,02	0,56	0,006	142,80	4,43	1,5	0,10
	80-100	6,2	5,41	23,3	0,82	207,8	9,98	1,01	0,02	0,63	0,007	238,50	7,4	9,1	0,56

Таблица 3

Степень засоления почв на участках техногенного засоления

№ разреза	Глубина взятия образца, см	Содержание токсичных солей, %	Тип засоления хлоридный Cl-/SO2-	Степень засоления почвы	«Суммарный эффект» токсичных ионов	
					Мгэкв/100г	Степень засоления
1	0-20	0,76	SO2--Cl-	Сильнозасоленные	2,78	Среднезасоленные
	20-40	0,54	SO2--Cl-	Сильнозасоленные	2,24	Среднезасоленные
	40-60	1,93	Cl--SO2-	Сильнозасоленные	6,03	Сильнозасоленные
	60-80	3,7	Cl--SO2-	Солончак	19,3	О. сильнозасоленные
	80-100	3,91	Cl--SO2-	Солончак	21,2	О. сильнозасоленные
2	0-20	0,03	SO2--Cl-	Незасоленные	2,3	Среднезасоленные
	20-40	2,68	Cl--SO2-	Солончак	10,7	О. сильнозасоленные
	40-60	1,47	Cl--SO2-	Сильнозасоленные	6,26	Сильнозасоленные
	60-80	5,75	SO2-	О.сильнозасолен.	26,0	О. сильнозасоленные
3	0-20	5,68	Cl--SO2-	Солончак	12,6	О. сильнозасоленные
	20-40	5,03	Cl--SO2-	Солончак	8,7	О. сильнозасоленные
	40-60	5,62	Cl--SO2-	Солончак	20,9	О. сильнозасоленные
	60-80	5,60	Cl--SO2-	Солончак	23,9	О. сильнозасоленные
	80-100	9,5	SO2-	О. сильнозасолен.	44,4	О. сильнозасоленные

Агроэкологическая оценка почв включает определение основных агрохимических показателей в почвенных образцах из генетических горизонтов. Так, содержание гумуса в фоновых дерново-подзолистых почвах соответствует очень низкому уровню и составляет 1,2%. Содержание гумуса на участках, испытавших засоление еще меньше, чем на фоне, на 20-37%, то есть менее 1%, что считается критическим содержанием. Следует отметить, что в разрезах 1, 2, 3 содержание гумуса повышается на глубине от 40 до 90см в 1,6 раза в иллювиальной части профиля в сравнении с верхним слоем. Вероятно, это связано с присутствием остатков нефти в нижележащих горизонтах, так как такое распределение гумуса по профилю не характерно для дерново-подзолистых почв. Математически доказана разница по содержанию гумуса в пахотных горизонтах. Наименьшая существенная разница составила 0,22 %. На сильнозасоленных почвах подвижных элементов в пахотном слое содержится меньше: фосфора на 18,6-26,7%, калия на 18,2%. Таким образом, насыщение профиля дерново-подзолистых почв легкорастворимыми солями приводит к ухудшению агрохимических свойств почв.

Почвы на исследуемой территории согласно картограммам и почвенной карте относятся к среднекислым. Реакция среды в анализируемых образцах с загрязненных участков составляет 6,0-6,6 единиц. Это соответствует близкой к нейтральной и нейтральной реакции среды. Содержание обменных оснований в пахотном слое в загрязненных почвах (разрезы 1, 2, 3) больше, чем в фоновых дерново-подзолистых почвах в 1,3-1,9 раза. Распределение обменных оснований по профилю не является характерным для дерново-подзолистых почв, так как с глубиной сумма обменных оснований повышается до 37-30 мг-экв/100г почвы. Степень насыщенности основаниями достаточно высокая в фоновых (80,3-81,2%) и в загрязненных (87,3-88,3%) дерново-подзолистых почвах.

Известно, что избыток легкорастворимых солей в профиле почв оказывает влияние на агрофизические свойства почв, что в первую очередь проявляется через агрегатное состояние. Так, в разрезах 3, 2, где отмечается максимальное содержание солей, структурное состояние в целом, оценивается как неудовлетворительное; в разрезе 1 – удовлетворительное; в разрезах 4 и 5 (фон) – хорошее. В сильнозасоленных почвах отмечается высокое содержание глыбистой части структуры (>10мм). С удалением на 200м от сильного засоления содержание структурных агрегатов размером >10мм снижается в 2 раза, а с удалением более, чем на 500м – в 4 раза. Высокое содержание макроагрегатов связано с тем, что в разрезах 3, 2 в пахотном слое и на поверхности встречаются остатки нефти. Структурное состояние засоленных почв неудовлетворительное как по содержанию структурных агрегатов размером 10,0-0,25мм, так и по содержанию водопрочных агрегатов размером >0,25мм. Отмечается тесная обратная связь между содержанием сухого остатка и содержанием структурных и водопрочных агрегатов размером 10-0,25мм: чем больше содержание солей, тем меньше содержание структурных ($r = - 0,94$) и водопрочных агрегатов ($r = - 0,99$). Коэффициент детерминации показывает, что содержание структурных агрегатов на 88% зависит от содержания легкорастворимых солей, а водопрочных агрегатов – на 98%.

Профиль почв, трансформированный под воздействием техногенной химической агрессии относят к образованиям хемозёмов – почвы, испытывающие сильное техногенное химическое загрязнение. Агроэкологическая оценка показала, что исследуемые почвы являются сильнозасоленными и их можно отнести к отделу *хемоземы* по классификации почв России [6]. Почвы отдела диагностируются исключительно по химическим параметрам. В соответствии с классификацией [6] техногенно-засоленные дерново-подзолистые почвы имеют название по виду загрязнения: солончак по

дерново-подзолистой почве (разрез 1, 2); битуминозный солончак по дерново-подзолистой почве (разрез 3).

Агроэкологическая оценка свойств техногенно-засоленных дерново-подзолистых почв показала, что избыток водорастворимых солей в почвах подзолистого типа приводит к изменению содержания и распределения гумуса, агрохимических, физико-химических свойств; ухудшению структурного состояния за счет повышенной глыбистости и неудовлетворительного содержания водопрочных агрегатов. Техногенно-засоленная почва приобретает критические уровни показателей по основным свойствам, при которых резко ухудшаются другие важные агрономические свойства почв.

Техногенное засоление оказывается достаточно распространенным явлением на территориях, где развивается нефтедобывающая промышленность. Аварийные ситуации, связанные с разливом нефти, фиксируются и контролируются различными органами для устранения отрицательного воздействия их на окружающую среду. Износ трубопроводов происходит как при транспортировке нефти, так и при транспортировке пластовых сильно минерализованных вод. Ответственность за техногенное засоление нефтедобывающие организации не несут. Сельскохозяйственные предприятия в этом отношении остаются незащищенными от такого вида загрязнения почв. Имея техногенно-засоленные почвы, они несут потери и убытки, так как не происходит возмещения ущерба в связи с выводом засоленных участков из структуры землепользования и сельскохозяйственных угодий.

Библиографический список

1. Бузмаков С.А., Кулакова С.А. Оценка состояния почвенного покрова на территории нефтяных месторождений // Географический вестник. 2010. № 4. С.
2. Еремченко О.З., Четина О.А., Кусакина М.Г., Шестаков И.Е. Техногенные поверхностные

образования зоны солейотвалов и адаптация к ним растений: Монография. ПГНИУ. Пермь, 2013. 148 с.

3. Исмаилов Н.М., Пиковский Ю.И. Современное состояние методов рекультивации нефти загрязненных земель // Докл. симп. 7-го делегат. съезда Всесоюз. об-ва почвоведов. Ташкент, 9-13 окт. 1985. С.140-158.

4. Казанцева М.Н. Техногенное засоление земель Тюменской области и его последствия для растительного покрова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 8-4. С. 150-150; [Электронный ресурс], режим доступа: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=5736> (дата обращения: 11.10.2018).

5. Кузнецов Ф.М., Козлов А.П., Середин В.В., Пименова Е.В. Рекультивация нефтезагрязненных почв: Монография. ПГСХА. Пермь, 2003. С. 9.

6. Полевой определитель почв России. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.

7. Почвенная карта Пермской области. 1:700 000. М.: ГУГК, 1992.

8. Самофалова И.А., Рогизная Ю.А. Техногенное загрязнение почв при разливе пластовых вод нефтяных месторождений // Инновационный потенциал естественных наук: материалы Междун. науч. конфер. Пермь: ПГУ, 2006. С. 180-184.

9. Самофалова И.А. Агроэкологическая оценка техногенно-засоленных почв // Энтузиасты аграрной науки: Труды КубГАУ. Краснодар, 2009. Вып. 10. С.441-445.

10. Солнцева Н.П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. М.: Изд-во МГУ, 1998. 376 с.

11. Фоминых Д.Е. Техногенное засоление почв как геоэкологический фактор при разработке нефтяных месторождений Среднего Приобья: Автореф. Дис. Канд. Геолого-минер. Наук. Томск, 2013. 18 с. [Электронный ресурс], режим доступа: <http://earthpapers.net/tehnogennoe-zasolenie-pochv-kak-geoekologicheskij-faktor-pri-razrabotke-neftyanyh-mestorozhdeniy-srednego-priobya> (дата обращения: 11.10.2018).

Поступила в редакцию: 11.09.2019 г.

Просьба сослаться на эту статью в русскоязычных источниках:

Самофалова И.А. Агроэкологическая оценка техногенно-засоленных почв на территории Аптугайского нефтяного месторождения // Антропогенная трансформация природной среды. 2019. №5. С. 51-55.

Please cite this article in English as:

Samofalova I.A. Agro-environmental assessment of technogenically sedicate soils on the territory of the Aptugaya oilfield // Anthropogenic transformation of the natural environment. 2019. №5. P. 51-55.