

УДК 631. 45; 631. 67

**ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ СЕРО-БУРЫХ ПОЧВ  
ОЗЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ  
ВЫСОКОМИНЕРАЛИЗОВАННЫХ СТОЧНЫХ ВОД**

Канд. биол. наук С.Н. Досбергенов

*Рассматривается влияние потоков высокоминерализованных сточных вод на физико-химические свойства серо-бурых почв. В сфере влияния этих загрязнителей происходит достаточно глубокая трансформация солевого состава исходных почв, вплоть до формирования техногенных солончаков и солончаковых разностей почв. Засоление почв вызывает коренную перестройку поглощающего комплекса. При этом количество поглощенного натрия может достигать 2,59 мг/экв, что составляет более 13 % от суммы поглощенных оснований. Здесь наблюдается такая закономерность: при увеличении поглощенного натрия, содержания кальция и магния уменьшается.*

В статье на примере Озенского нефтегазового месторождения рассмотрено влияние высокоминерализованных сточных вод на морфологические и физико-химические свойства серо-бурых почв.

Сточные воды представляют собой смесь сильно минерализованных пластовых вод, закачиваемых в пласт для поддержания давления морской, альбсеноманской или другой воды. Только на месторождениях производственного объединения Эмбанефть на поля испарения ежегодно сбрасывается до 8,5 млн. м<sup>3</sup> попутных вод. На промыслах Каратон, Доссор, Байшонос и др. сточными нефтепромысловыми водами, содержащими токсичные химические вещества, загрязнены занимаемые ими площади.

Сточные воды нефтедобывающих месторождений характеризуются высокой степенью минерализации, преимущественно хлор-кальциевого и сульфат-натриевого состава. Сумма солей достигает 150...300 г/дм<sup>3</sup>, содержание хлор-иона – 160 и сульфатов – 3,9...16 г/дм<sup>3</sup>.

На нефтегазовом месторождении Озен эксплуатация месторождения в течение нескольких десятков лет привела к загрязнению и деградации почв, а также к метаморфизации поверхностных и грунтовых вод. Площадь нефтезагрязненных почв в Западном Казахстане составляет

свыше 500 тыс. га. Если учесть, что на Озенском нефтегазовом комплексе, расположенном на общей площади 35 тыс. га, имеется около 6 тысяч нефтегазовых скважин, то становится очевидным, насколько интенсивен такой тип техногенной нагрузки на все компоненты ландшафтов.

Характер влияния сточных вод на свойства почв, их солевой состав зависит от объема поступивших вод, их минерализации, повторяемости загрязнений, исходных свойств почв (табл. 1). При вычислении процентов от суммы мг/экв по анионам содержание хлора составляет 95,45 %, а от суммы анионов и катионов – 47,72 %. По катионам, при аналогичном вычислении, содержание натрия от суммы катионов составляет 75,71 %, а анионов и катионов – лишь 37,85 %.

Таблица 1

Солевой состав минерализованных сточных вод на месторождении Озен, г/дм<sup>3</sup>; мг/экв.

Общая щелочность в $HSO_3$	$Cl$	$SO_4$	$Ca$	$Mg$	$Na$	$K$	Минерализация г/дм <sup>3</sup>
0,634	26,70	1,224	2,046	0,807	13,74	0,193	45,704
10,39	753,12	25,51	120,31	66,38	597,47	4,92	

При сравнении солевого состава сточных вод видим, что  $Na/Cl < 1$ , т.е. вода континентального происхождения. Интервал между отношениями хлора к сульфат-иону широкий и составляет 29,052. Отношение  $Na/Ca + Mg$  составило 3,20. Метаморфизация сточной воды проходит в прямом направлении об этом свидетельствует отношение  $Cl + Na/Mg$ , равное 2,35.

Тип химизма хлоридный. В видовом составе солей доминирующее положение принадлежит хлористому натрию. Среди других гипотетических солей содержание его составляет 76,34 %.

Сравнение состава солей извлекаемых водной вытяжкой из местных фоновых серо-бурых солончаковатых суглинистых почв и загрязненных нефтью на территории одного и того же промысла показывают значительную разницу в их составе и в концентрациях отдельных компонентов (табл. 2 и 3). Величина плотного остатка в незагрязненных почвах колеблется от 0,562 до 1,16 %.

Максимум солей приурочен к иллювиальным горизонтам (В), что связано с накоплением илистых частиц и органо-минеральных веществ. Анионный состав сульфатно-хлоридный, это связано с наличием слабого природного солевого ареала, обычно фиксирующего месторождения нефти.

Таблица 2

## Солевой состав незагрязненных серо-бурых солончаковатых почв

Индекс горизонта	Сумма солей, %	Анионы			Катионы			
		$HCO_3^-$	$Cl^-$	$SO_4$	$Ca^{++}$	$Mg^{++}$	$Na^+$	$K^+$
А <sub>к</sub>	0,562	<u>0,32</u>	<u>3,05</u>	<u>7,88</u>	<u>2,99</u>	<u>1,46</u>	<u>7,90</u>	<u>0,001...0,004</u>
		0,012...0,018	0,060...0,166	0,140...0,549	0,029...0,084	0,014...0,027	0,177...0,199	0,03
А <sub>п</sub>	0,997	<u>0,24</u>	<u>4,32</u>	<u>8,24</u>	<u>3,66</u>	<u>2,12</u>	<u>8,59</u>	<u>0,001...0,006</u>
		0,012...0,016	0,096...0,178	0,213...0,666	0,046...0,145	0,018...0,036	0,128...0,210	0,16
В	1,16	<u>0,26</u>	<u>5,36</u>	<u>12,2</u>	<u>7,48</u>	<u>3,48</u>	<u>10,12</u>	<u>0,002...0,005</u>
		0,012...0,015	0,107...0,198	0,700...0,912	0,186...0,296	0,26...0,42	0,182...0,220	0,16

Таблица 3

## Солевой состав серо-бурых почв загрязненных сточными водами

Индекс горизонта	Сумма солей, %	Анионы			Катионы			
		$HCO_3^-$	$Cl^-$	$SO_4$	$Ca^{++}$	$Mg^{++}$	$Na^+$	$K^+$
А <sub>к</sub>	2,96	<u>0,38</u>	<u>30,17</u>	<u>18,16</u>	<u>12,06</u>	<u>8,16</u>	<u>20,23</u>	<u>0,22</u>
		0,025...0,033	0,062...0,18	0,290...0,88	0,161...0,036	0,028...0,118	0,159...0,660	0,006...0,100
А <sub>п</sub>	2,16	<u>0,32</u>	<u>11,82</u>	<u>10,88</u>	<u>8,77</u>	<u>2,52</u>	<u>8,49</u>	<u>0,18</u>
		0,014...0,018	0,067...0,238	0,169...0,772	0,116...0,184	0,017...0,038	0,102...0,188	0,004...0,009
В	1,64	<u>0,30</u>	<u>7,96</u>	<u>1,67</u>	<u>7,52</u>	<u>1,66</u>	<u>2,98</u>	<u>0,11</u>
		0,014...0,020	0,014...0,020	0,085...0,386	0,196...0,280	0,018...0,022	0,031...0,072	0,002...0,004

*Примечание:* В табл. 2 и 3 учтены данные по четырем разрезам. В числителе дано среднее содержание ионов в мг/экв, в знаменателе – пределы колебаний содержания ионов в %. АК – корковый горизонт, А<sub>п</sub> – подкорковый горизонт, В – иллювиальный горизонт.

При загрязнении сточными водами в почвенном горизонте образуются новые солевые профили. Несоответствие новообразованного солевого состава почв климатическим условиям определяет крайнюю динамичность в распределении солей и быструю перестройку солевого профиля почв. Интенсивность и скорость миграции солей в почвах в значительной степени зависят от типа загрязнения ландшафтов.

В случае поступления нефти в элювиальные и трансэлювиальные ландшафты с малыми уклонами поверхности и незначительным боковым током, миграция загрязнителей осуществляется, главным образом, в вертикальном профиле. После поступления нефти в почву основная масса солей, как и при загрязнении сточными водами, оказывается сосредоточенной в верхних горизонтах профиля; в нижних горизонтах количество солей меньше. Однако и здесь возможная емкость каждого генетического горизонта оказывается неодинаковой. Меньше солей приходится на собственно элювиальные горизонты, характеризующиеся меньшей исходной водоудерживающей способностью. С течением времени происходит перестройка солевого профиля: верхние горизонты частично освобождаются от солей, которые концентрируются главным образом в нижних, иллювиальных горизонтах (табл. 4).

Таблица 4

Солевой состав загрязненных солончаковых почв на разрезе Р-1Б,  
%; мг/экв.

Глубина, см	Общая щелочность в $HCO_3$	$Cl$	$SO_4$	$Ca$	$Mg$	$Na$	$K$	Сумма солей, %	$\frac{Cl}{SO_4}$	$CO_2$ , %
0...18	$\frac{0,017}{0,28}$	$\frac{0,024}{0,77}$	$\frac{0,262}{5,45}$	$\frac{0,075}{3,73}$	$\frac{0,012}{0,99}$	$\frac{0,036}{1,56}$	$\frac{0,009}{0,22}$	0,438	0,14	118,87
18...40	$\frac{0,012}{0,20}$	$\frac{0,012}{0,34}$	$\frac{0,742}{15,42}$	$\frac{0,270}{2,56}$	$\frac{0,014}{1,12}$	$\frac{0,028}{1,23}$	$\frac{0,005}{0,13}$	1,083	0,02	334,32
40...120	$\frac{0,007}{0,12}$	$\frac{0,060}{1,71}$	$\frac{0,718}{14,07}$	$\frac{0,266}{13,12}$	$\frac{0,018}{1,49}$	$\frac{0,045}{1,49}$	$\frac{0,002}{0,05}$	1,116	0,11	119,73

Переход солей в почвы при поступлении пластовой жидкости (сырой нефти) во многом зависит от скорости ее расслоения на отдельные компоненты. Полное расслоение сырой нефти на собственно битуминозные вещества и минерализованные воды осуществляется не сразу, что способствует закреплению солей в почвах. Кроме того, какая-то часть со-

лей остается долгое время связанной в нефтяных эмульсиях и также не поддается быстрому вымыванию атмосферными осадками. Поэтому поступление минеральных компонентов из нефти в природные миграционные потоки происходит по мере их геохимической трансформации. Растянутость во времени процесса освобождения солей из пластовых жидкостей делает невозможным их быстрое вымывание из почв. Поэтому содержание солей в отдельных горизонтах таких почв в отличие от почв загрязненных только сточными водами сохраняется на высоком уровне, даже когда загрязнение произошло 15 лет назад. В табл. 5 видно, что количество солей, переходящих в водную вытяжку из загрязненных почв, их состав и распределение по профилю весьма неравномерны. Это определяется не только составом поступивших вод и строением почвенного профиля, механическим составом, расстоянием от источника загрязнения, метеорологическими условиями после момента аварии, а также предшествующей историей техногенных воздействий на почвы территории.

В рассматриваемом случае (табл. 5) количество растворимых солей в отдельных разрезах достигает целых процентов. По принятой классификации почв, они относятся к сильно и средnezасоленным [5]. В процессе миграции солей через почвенную толщу происходит трансформация солевого состава вследствие физической и физико-химической адсорбции. Состав солей в загрязненных почвах и их концентрация существенным образом зависят от расстояния до источника загрязнения. Как видно, в зоне ближайшей к источнику загрязнения, максимум концентраций приходится на верхние горизонты почв.

Падение концентраций в горизонтах  $A_k$ ,  $A_{II}$  по мере удаления от нагнетательной скважины достаточно резкое. Граница высоких содержаний солей ( $Cl > 0,2\%$ ) соответствует границе гибели растительного покрова. По мере удаления от источника загрязнения более высокое содержание водорастворимых солей отмечается в нижних горизонтах почв. Возможно, это связано с предшествующим более мощным техногенным потоком и индицирует остаточное засоление. В соответствии с составом сточных вод засоление почв преимущественно хлоридно-сульфатное. Количество  $SO_4$  достигает 0,61...1,09 %, эта величина очень токсична для растительности. Естественно, что весь ареал засоления, где  $Cl > 0,2\%$  фиксируется гибель растительного покрова.

Таблица 5

## Органическое вещество и солевой состав нефтезагрязненных битуминозных солончаков

Глубина, см	Общая щелочность в $H_2SO_3$	$Cl$	$SO_4$	$Ca$	$Mg$	$Na$	$K$	Сумма солей, %	$\frac{Cl}{SO_4}$	Гипс, %	$CO_2$ , %	Органическое вещество, %
<b>Разрез Р-1Ш</b>												
0...4	<u>0,019</u> 0,32	<u>1,088</u> 30,68	<u>0,954</u> 19,81	<u>0,326</u> 16,33	<u>0,097</u> 7,95	<u>0,605</u> 26,30	<u>0,010</u> 0,26	3,097	1,54	3,95	13,92	4,68
4...20	<u>0,016</u> 0,26	<u>0,34</u> 9,59	<u>0,322</u> 6,72	<u>0,126</u> 6,30	<u>0,030</u> 2,48	<u>0,177</u> 7,69	<u>0,004</u> 0,10	2,015	1,42	1,72	11,31	1,18
20...40	<u>0,007</u> 0,12	<u>0,058</u> 1,65	<u>0,712</u> 11,83	<u>0,261</u> 13,06	<u>0,018</u> 1,49	<u>0,041</u> 2,01	<u>0,002</u> 0,04	2,104	0,11	31,90	12,37	0,56
40...120	0,08 0,14	0,077 2,16	0,786 16,37	0,280 14,00	0,021 1,74	0,066 2,88	0,002 0,05	1,24	0,13	25,98	11,78	-
<b>Разрез Р-2Ш</b>												
0...21	<u>0,019</u> 0,32	<u>0,098</u> 2,76	<u>0,529</u> 11,03	<u>0,182</u> 9,10	<u>0,021</u> 1,74	<u>0,072</u> 3,15	<u>0,005</u> 0,12	0,921	1,55	3,62	9,07	5,87
21...46	<u>0,012</u> 0,20	<u>0,044</u> 1,23	<u>0,672</u> 14,01	<u>0,233</u> 11,66	<u>0,018</u> 1,49	<u>0,051</u> 2,22	<u>0,003</u> 0,07	1,033	1,43	14,05	10,58	0,65
46...75	<u>0,010</u> 0,16	<u>0,053</u> 1,49	<u>0,749</u> 5,62	<u>0,270</u> 13,52	<u>0,024</u> 1,98	<u>0,039</u> 1,71	<u>0,002</u> 0,05	1,147	0,01	25,47	10,96	0,46

Сравнение состава солей сточных вод и водных вытяжек из загрязненных почв показывает, что, несмотря на преимущественно хлоридный состав, они не идентичны. На пути движения солей со сточными водами в почвенной толще встают многочисленные почвенно-геохимические барьеры [1].

Геохимическая трансформация поступивших в почву сточных вод отчетливо прослеживается по характеру отношений между основными ионами. Изменения отношений между анионами являются очень чувствительным индикатором. Они могут служить одним из геохимических критериев при оценке влияния техногенных потоков. Достаточно ярко трансформация качественного состава простых солей в почвах видна по мере удаления от источника загрязнения. Это видно по изменению отношений катионов, как в вертикальном, так и в горизонтальном профиле.

Разная миграционная способность солей, поступающих со сточными водами, обнаруживается в изменении состава водных вытяжек. По мере удаления от источника загрязнения формируется определенная зональность техногенного потока. Из-за многократности актов засоления и динамичности простых солей в условиях аридного климата зональность эта может быть довольно сложной: формируются сложные ареалы техногенного загрязнения.

В рассматриваемом случае четко прослеживаются зоны аккумуляции карбонатов и сульфатных солей. Менее подвижные карбонаты, фиксируются в почвах, ближайших к источнику загрязнения. Сульфаты мигрируют несколько дальше. Аналогичным образом изменяются соотношения солей и в вертикальном профиле почв. При этом хлориды как самые подвижные мигранты распространяются дальше других соединений и создают внешний контур техногенного ареала; перераспределение остальных солей происходит с некоторым отставанием.

Приведенные материалы свидетельствуют о том, что поступающие в почву сточные минерализованные хлоридные воды вызывают интенсивное изменение солевого состава, концентрации и перераспределения солей в профиле исходных почв. Возникают специфические хлоридно-натриевые солончаки и солончаковатые разности почв, формирующиеся по исходным серо-бурым почвам. Сравнение состава, водной вытяжки, из местных фоновых серо-бурых суглинистых почв и из загрязненных нефтью модификаций на одном и том же промысле, показывает значительную разницу в их составе и концентрации. Они также неодинаковы по распределению солей, их составу и концентрации на разных участках промысла. Это связано с рядом причин.

Во-первых, на месторождениях бывает несколько нефтеносных горизонтов, и солевой состав пластовых вод каждого из них обычно неодинаков. Загрязнение почв нефтью из разных продуктивных горизонтов определяет и особенности их засоления, а также ионный состав и уровень минерализации. Кроме того, количество солей, поступающих в почву с нефтью, зависит и от степени обводненности продуктивного пласта, что в значительной степени определяется длительностью эксплуатации месторождения. Поэтому общее количество солей, которое может поступать в почвы, и состав солей изменчивы во времени даже в пределах одного промысла.

Во-вторых, новообразованный солевой профиль зависит от исходных свойств загрязненных почв. Это справедливо не только для разных генетических типов, но в определенной степени и для почв одного и того же типа. В последнем случае различия определяются характером природной (фоновой) изменчивости отдельных геохимических или физических свойств исходных почв: вариабельностью их исходных щелочно-кислотных условий, емкости их поглощающего комплекса, механического состава и т.д.

И, наконец, третьим критерием, от которого зависит новообразованный солевой профиль, является предшествующая история. Уже испытанные геохимическую трансформацию почвы обуславливают особые варианты новообразованного солевого состава. Таким образом, и уровни засоления, и состав солей, накапливающихся в почвах при поступлении в них нефти, могут быть достаточно разными. В рассматриваемом случае преобладает хлоридно-натриевое засоление, что соответствует составу местных пластовых вод. На отдельных участках большую роль могут играть и сульфаты. В отдельных горизонтах отмечается повышение концентрации магния. Из данных табл. 4, 5 видно, что количество солей в верхних горизонтах почв при поступлении в них сырой нефти может изменяться от 0,438 (Р-1Б) до 3,097 % (Р-1Ш). В нижних горизонтах концентрация солей также достаточно высока.

Сочетания в загрязненных почвах высоких концентраций битуминозных веществ и высоких концентраций простых солей определяют формирование в районах нефтепромыслов техногенно-обусловленных битуминозных солончаков и солончаковатых разностей почв. Аналогичные образования формируются и в случаях загрязнения почв в районах аварий на нефтепроводах, по которым идет сырая нефть.

Засоление почв вызывает в них глубокую трансформацию основных геохимических процессов, что отчетливо фиксируется в химических и морфологических признаках. Резко изменяются качественный и количественный состав поглощенных катионов и свойства поглощающего комплекса. Эти изменения в вертикальном профиле почв неоднозначны. Для элювиальной части профиля исходных почв  $A_K$  и  $A_{II}$  характерно существенное увеличение поглощенного кальция. Содержание этого катиона в верхних горизонтах загрязненных сточными водами почв увеличивается в 1,5...2 раза, что особенно характерно для той части потока, где в соотношениях солей водной вытяжки наиболее высока доля хлоридов (табл. 6). Аналогичным образом увеличивается количество поглощенного магния. В подкорковом горизонте  $A_{II}$  содержание кальция уменьшается, соответственно и магния. При сравнении с незагрязненной почвой наблюдается тенденция возрастания этих двух катионов по всему почвенному профилю.

Увеличение количества поглощенных катионов определяется сочетанием двух причин: а) повышением потенциала коллоидных систем; б) дополнительным поступлением катионов из минерализованных вод.

Наибольшее своеобразие свойств поглощающего комплекса загрязненных почв заключается в заметном участии  $Na^+$ . В незагрязненных почвах доля этого иона мала (табл. 6), максимум его концентрации в этом случае характерен для иллювиальных горизонтов. Содержание поглощенного натрия от суммы поглощенных катионов в незагрязненных почвах рассматриваемого месторождения составляет в среднем 6...8 %. Засоление почв вызывает коренную перестройку поглощающего комплекса. При поступлении сточных вод количество поглощенного натрия может достигать 2,59 мг/экв, что составляет более 13 % от суммы поглощенных оснований. Здесь наблюдается такая закономерность: при увеличении поглощенного натрия, содержание поглощенного кальция и магния уменьшается.

Засоление почв в условиях аридного климата сопровождается изменением окислительно-восстановительных условий. Активизация восстановительных процессов начинается уже в момент загрязнения при переувлажнении почв из-за поступления в них больших объемов минерализованных вод.

Усиление процессов оглеения наиболее характерно при осолонцевании этих почв, внедрении  $Na^+$  поглощающего комплекса и ухудшение их водно-физических свойств. Изменение окислительно-восстановительного потенциала отражается на миграционной активности ряда элементов и прежде всего железа.

Таблица 6

Изменение физико-химических свойств серо-бурых почв в разное время после их загрязнения

Индекс почвы	Индекс горизонта	Глубина, см	Поглощенные катионы, мг/экв				Сумма поглощенных оснований, мг/экв	Сумма солей, %
			Ca	Mg	Na	K		
<b>Разрез Р-2N (через 3 года)</b>								
Ск <sup>СН</sup>	А <sub>к</sub>	0...8	9,3	4,9	1,2	0,27	15,67	-
	А <sub>п</sub>	8...36	5,4	3,4	2,15	0,24	11,19	-
	В	36...75	13,7	5,9	0,68	0,12	20,40	-
<b>Разрез Р-2А (через 15 лет)</b>								
Ск <sup>БТ</sup>	А <sub>к</sub>	0...2	13,7	9,8	1,35	0,34	25,19	1,587
	А <sub>п</sub>	2...30	8,3	8,3	2,59	0,21	19,40	1,079
	В	30...60	12,3	11,8	2,07	0,15	26,32	0,962
<b>Разрез Р-1 (через 15 лет)</b>								
Ск <sup>К</sup>	А <sub>к</sub>	0...4	16,0	5,0	1,5	0,22	22,72	1,33
	А <sub>п</sub>	4...17	15,0	16,0	2,12	0,17	22,90	0,432
	В	17...51	16,5	6,0	0,91	0,10	23,51	0,766
Контроль Сб <sup>СК</sup>	А <sub>к</sub>	0...3	8,0	5,1	0,71	0,64	10,85	0,839
	А <sub>п</sub>	3...14	8,0	6,5	1,16	0,54	16,20	1,193
	В	14...35	12,0	7,5	2,15	0,18	21,83	0,993
		35...51	12,5	8,5	1,71	0,15	22,86	1,137

Примечание: Ск<sup>СН</sup> – солончак солонцеватый, Ск<sup>БТ</sup> – битуминозной солончак, Ск<sup>К</sup> – корковый солончак, Сб<sup>СК</sup> – серо-бурый солончаковатый; А<sub>к</sub> – корковый горизонт, А<sub>п</sub> – подкорковый горизонт, В – иллювиальный горизонт.

Тяжелые металлы в почвах представляет группа химических элементов плотностью более 5 г/см<sup>3</sup> или относительной атомной массой более 40. Они являются приоритетными загрязнителями почвы 1 и 2 классов опасности, представляют канцерогенные и мутагенные элементы, вызывающие снижение ферментативной активности организма. Источниками тяжелых металлов в почвах являются почвообразующие породы и органические остатки в нефтедобывающих регионах, кроме того, сырая нефть и пластовые воды. Содержание их в почвах в большей степени зависит от механического и минералогического состава материнской породы, количественного и качественного состава гумуса, а подвижность по профилю определяется рН средой, содержанием CO<sub>2</sub> карбонатов и окислительно-восстановительным потенциалом. Валовое (кларковое) содержание микроэлементов в почвах по А.П. Виноградову [2] составляют (мг/кг): медь – 20, цинк – 50, свинец – 10, кадмий – 0,5, кобальт – 8, молибден – 2, бор – 10.

Пределно-допустимые концентрации тяжелых металлов в почвах (ПДК) с учетом фона (кларка) по состоянию на 1991 г. (инструктивное письмо Госкомприроды КазССР) составляют, мг/кг; валовые формы: медь – 45, цинк – 50, свинец – 32, кадмий – 5; подвижные формы: медь – 3, цинк – 23, свинец – 6, кадмий – 1. Нормальными концентрациями тяжелых металлов в почвах по В.Б. Ильину [4], считается (мг/кг) для цинка – 15...150, меди – 3...40, кадмия – 0,05...2,0. Следует, однако, иметь в виду, что ПДК тяжелых металлов не могут быть одинаковыми для различных почв. Объективными показателями обеспеченности почв металлами может служить содержание их подвижных форм в растениях.

В исходных незагрязненных, а также в разной степени загрязненных почвах были определены валовые и подвижные формы меди, цинка, свинца и кадмия (табл. 7).

Литературные данные свидетельствуют о том, что в исходных нарушенных серо-бурых почвах содержание валовой меди колеблется в пределах 3,0...4,0 мг/кг и находится ниже значений кларка, следовательно не является токсичным для растений [3]. Количество подвижной меди составляет 0,5...0,8 мг/кг, что также не является токсичным [6].

Почвы региона [5] обеспечены валовыми 36 мг/кг и подвижными формами (0,5...1,0 мг/кг) цинка, марганца, кобальта и очень бедны молибденом (валовые 1,1...1,7; подвижные – 0,03...0,16). В почве отмечается высокое содержание подвижного свинца (6,0...7,9 мг/кг), но достаточно хорошо обеспечена кобальтом 0,7 мг/кг.

Таблица 7

Содержание тяжелых металлов в незагрязненных и нефтезагрязненных почвах, мг/кг

Почва	Разрез	Глубина образца, см	Валовые формы				Подвижные формы			
			Zn	Cu	Pb	Cd	Zn	Cu	Pb	Cd
Озен техногенно-битуминизированный корковый солончак	Р-1Т	0...4	6,4	4,0	57	2,0	1,2	0,7	7,8	0,7
		4...17	4,4	4,8	20	2,0	0,5	0,6	6,6	0,7
		17...51	3,6	3,0	18	1,8	0,4	0,5	5,9	0,6
Техногенный битуминизированный пухлый солончак	Р-3Т	0...7	6,4	4,0	45	2,0	0,8	0,7	7,4	0,8
		7...42	6,2	4,0	24	2,2	0,6	0,6	6,7	0,8
		46...76	6,0	3,0	17	1,6	0,4	0,4	5,1	0,6
Серо-бурая солончочковатая почва	Контроль	0...3	-	-	-	-	1,0	0,6	7,9	0,7
		3...14	-	-	-	-	0,7	0,8	7,6	0,7
		14...35	-	-	-	-	0,5	0,7	7,0	0,7
		35...51	-	-	-	-	0,6	0,6	7,8	0,7

Таким образом, почвенной покров рассматриваемого региона содержит много или в количестве, близком к среднему показателю обеспеченности для живых организмов валовой меди и цинка, ниже среднего и низкими значениями марганца и молибдена. Показатели содержания в почвах подвижных форм меди, цинка, марганца, кобальта и молибдена находятся в пределах пороговых границ концентрации, но недостаточных для нормального функционирования организмов.

В загрязненных и техногеннонарушенных почвах (табл. 7) повсеместно происходит накопление валовых (20...57 мг/кг) и подвижных форм (6,6...7,8 мг/кг) свинца выше ПДК в 1...6 раз и кадмия (1,6...2,0 и 0,6...0,8 мг/кг), что выше пороговой концентрации организма и значений ПДК. Накопление в загрязненных и нарушенных почвах избыточного количества свинца и кадмия значительно осложняет экологическую обстановку региона.

Наибольшее количество микроэлементов накапливается в верхних горизонтах почвенного покрова и с глубиной снижается. Содержание перечисленных микроэлементов вокруг скважины выше по сравнению с участками удаленными от скважины на 50 м. В распределении микроэлементов по профилю почвы в загрязненных почвах наблюдается следующая закономерность содержания микроэлементов:

<b>P-1T</b>	$Pb > Zn > Cd > Cu$
	$Pb > Cd > Cu > Zn$
	$Pb > Cd > Cu > Zn$
<b>P-3T</b>	$Pb > Zn > Cd > Cu$
	$Pb > Cd > Zn > Cu$
	$Pb > Cd > Cu > Zn$

Отсюда вытекает, что в разрезе P-1T по профилю почвы содержание кадмия относительно других элементов увеличивается, а цинка наоборот уменьшается. При удалении от скважины на 50 м в разрезе P-3T по профилю почвы возрастает содержание кадмия и меди, а содержание цинка уменьшается. В пространстве содержание кадмия и свинца возрастает, а содержание цинка и меди наоборот уменьшается.

## ВЫВОДЫ

1. Поступающие в почвы сточные высокоминерализованные хлоридные воды вызывают интенсивное изменение солевого состава, концентраций и распределение солей в профиле исходных почв. Возникают специфические хлоридно-натриевые солончаки и солончаковатые разности почв, формирующиеся по исходным серо-бурым почвам.

2. Засоление почв в условиях аридного климата сопровождается изменением окислительно-восстановительных условий. Активизация восстано-

вительных процессов начинается в момент загрязнения при переувлажнении почв из-за поступления в них больших объемов минерализованных вод.

3. Содержание поглощенного натрия от суммы поглощенных оснований в незагрязненных почвах составляет в среднем 6...8 %. Засоление почв вызывает коренную перестройку поглощающего комплекса. При этом количество поглощенного натрия может достигать 2,59 мг/экв, что составляет более 13 % от суммы оснований. Здесь наблюдаются такая закономерность – при увеличении поглощенного натрия, содержание поглощенного кальция и магния уменьшается.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боровский В.М. Геохимия засоленных почв Казахстана – М: Наука, 1978, 192 с.
2. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. – М: Изд. АН СССР, 1957. – 239 с.
3. Грабаров П.Г., Квитко Б.Я., Солодников Е.А. Микроэлементы в почвах Гурьевской области. (Деп. Рж. ВНИИТЭисх) // Земледелие. – 1978. – С. 76-82.
4. Ильин Б.В. К вопросу о разработке ПДК тяжелых металлов в почвах // Агрохимия. – 1986. – № 10. – С. 94-101.
5. Ковда В.А., Егоров В.В., Муратова В.С., Строганов Б.П. Классификация почв по степени и качеству засоления в связи с солеустойчивостью растений // Ботан. журнал. – 1960. – №8. – С. 115-121.
6. Ринькс Г.Я. Методы ускоренного калориметрического определения микроэлементов в биологических объектах. – Рига: 1963. – С. 18-21.

КазНИИ почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова, г. Алмата

#### **ӨЗЕН МҰНАЙ КЕН ОРЫНЫНДАҒЫ СҰР-ҚҰБА ТОПЫРАҚТАРДЫҢ ЖОҒАРЫ ДӘРЕЖЕЛІ МИНЕРАЛДАНҒАН АҚАБА СУЛАРЫНЫҢ ӘСЕРІНЕН ГЕОХИМИЯЛЫҚ ТРАНСФОРМАЦИЯЛАНУЫ**

Биол. ғылымд. канд. С.Н. Досбергенов

*Мақалада жоғары минералданған ақаба суларының сұр-құба топырақтардың физика-химиялық қасиеттерінің тигізетін ықпалы баяндалады. Топырақтың тұздануы сіңіру негіздерінің өзгеруіне алып келеді. Нәтижесінде сіңірілген негіздердің құрамындағы натрийдың мөлшері 2,59 мг-экв дейін көтеріліп, сіңірілген негіздер жиынтығының 13 % құрайды. Топырақтың тұздануы техногендік сортаңдардың қалыптасуымен қатар жүреді.*