

© И.Г. СВАНИДЗЕ, А.В. СОРОМОТИН

svaigor@mail.ru, asoromotin@mail.ru

УДК 556.535.8

**ВОЗДЕЙСТВИЕ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ СКВАЖИН
НА ВОДОСБОРЫ И ВОДНЫЕ СИСТЕМЫ ГУМИДНЫХ РЕГИОНОВ
(НА ПРИМЕРЕ ЮГА ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ)***

АННОТАЦИЯ. В статье приводятся результаты исследований влияния геотермальных сточных вод, фонтанирующих из пробуренных скважин при разведке нефтяных месторождений, на окружающие почвы и малые водотоки. Показаны особенности развития засоления почв водосборов и речных вод. В сезонном срезе выявлены особенности стока солей с водосбора и засоления малых рек гумидных территорий.

SUMMARY. Environmental impact of geothermal waste water flowing from old oil drilling wells on the neighboring river basin soils and streams was investigated. Soil salinization features of drainage areas and river waters are displayed. The seasonal cut exposes the features of saline wash-off from river basins and salinization of the streams in damp areas.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Геотермальные скважины, засоление рек, засоление водосборов.

KEY WORDS. Geothermal drilling wells; salinization of rivers; salinization of river basins.

Введение. В последние годы проблема влияния подземных минеральных вод на водосборы и речные системы становится все более актуальной в связи с развивающимся использованием их в бальнеологических целях, а также побочными эффектами их самоизлива из скважин, пробуренных при масштабных поисково-разведочных работах на нефть и газ. Разливы минерализованных вод вызывают засоление почв водосборов и, как следствие, полную гибель как древесной, так и травянистой растительности [1], [2]. На месте разливов возникают заводнения и техногенные солончаки. В конечном итоге засоление водосборов может нарушать формирование гидрохимического режима водных систем вблизи фонтанирующих скважин и прилегающих территорий.

В научной литературе проблеме воздействия геотермальных вод на водосборы и речные системы посвящено много работ [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9]. В каждом из исследованных регионов существуют свои специфические особенности влияния геотермальных вод на окружающую среду. Тюменская область чрезвычайно богата ресурсами подземных минеральных термальных вод, запасы которых составляют около 3 млн м³ в сутки и относятся к Западносибирскому бассейну [10]. Эти ресурсы были вскрыты почти на всей территории юга

* Работа выполнена в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (ГК № 16.740.11.0049) и Проекта ТюмГУ по реализации Постановления Правительства РФ от 09.04.2010 № 220 (ГК № 11.634.31.0036).

Тюменской области разведочными скважинами, пробуренными в 1950-80 гг. при поиске месторождений нефти и газа. Водоносные пласты обнаружены в меловых отложениях (апт-сеноманский и готерив-барремский ярусы) на глубине 1-2 км, и в более глубоких верхнеюрских отложениях (более 2 км) [11].

Многие геотермальные скважины были пробурены в 50-60 гг. прошлого века при поисково-разведочных работах и в настоящее время являются бесхозными. Общее количество самоизливающихся геотермальных скважин по югу области — 22, из них 13 — в Тобольском районе [12]. Геотермальные воды из скважин юга Тюменской области относятся к хлоридно-натриевому классу с минерализацией от 1.5 до 21 г/дм³, самоизливаются с температурой воды от 35° до 70°. В воде некоторых скважин содержатся биологически активные компоненты в бальнеологически значимых концентрациях (бром, ортоборная кислота, йод и другие) [11].

Многие геотермальные скважины бурились вблизи рек, так как ограниченное количество транспорта и грузоподъемной техники в 1950-60-х гг. не позволяло удаляться от водных магистралей. Подавляющее большинство скважин расположено в поймах и надпойменных террасах рек (т.е. водоохраных зонах). Учитывая, что бурение велось с целью поиска запасов нефти, то потенциально в водах из скважин могут содержаться в том или ином количестве остаточные концентрации нефтепродуктов.

Целью проводимых исследований являлось изучение влияния изливающихся минерализованных вод на водосборы и речные системы вод, оценка степени их засоления и загрязнения нефтепродуктами.

Объекты и методы исследований. Объектами настоящего исследования нами были выбраны типичные в отношении воздействия на окружающую среду геотермальные скважины вблизи р. Винокуровка (№ 30-РГ) и р. Аремзянка (№ 2-Р). Это одни из самых старых скважин юга Тюменской области, расположенные в Тобольском районе и вскрывающие Черкашинское месторождение термальных минеральных вод.

В ландшафтном отношении изучаемая территория расположена в подзоне южной тайги [13]. Рельеф территории определяется деятельностью рек Иртыш, Аремзянка и Винокуровка. Основными структурными геоморфологическими элементами на скважинах являются надпойменная терраса и поймы рек Аремзянка и Винокуровка. Характер поверхности придолинных пойменных участков выровненный, террасовые участки слабоволнистые, общий уклон территории в сторону реки Иртыш.

Геотермальная скважина № 30-РГ была пробурена в 1964 году. Минеральные термальные воды вскрыты данной скважиной в интервале глубин 1681-1747 м. и 1797-1889 м. и приурочены к терригенным отложениям (песчаники, аргиллиты, алевролиты) аптского и готерив-барремского ярусов нижнего мела [11]. Дебит скважины 662,8 м³/сутки. Температура воды на изливе 58°С. Сброс сточных вод с каскада бассейнов осуществляется в понижение рельефа — в долину реки Винокуровка (правого притока реки Иртыш). Русло ручья постоянного стока имеет протяженность 138 метров.

Геотермальная скважина № 2-Р была пробурена в 1959 году. Глубина скважины составляет 2658 метров. Фонтанирует высоконапорной термальной минеральной водой с дебитом 400-500 м³/сутки. Предположительно это воды готерив-барремского, валанжинского ярусов нижнего мела и юры. Высота фон-

тана достигает 7-8 метров. Температура воды на изливе также 58°С. Слив воды осуществляется в понижение рельефа. По понижениям рельефа вода стекает в реку Аремзянка — правый приток реки Иртыш. Русло ручья постоянного стока — 243 метров.

Исследование влияния фонтанирующих скважин на водосборы и водные системы осуществлялось по единой методике: пробы почв водосбора отбирались в местах у заводненной области скважины, в оврагах у русла постоянного стока ниже по уклону и выше по уклону (фоновые почвы); также отбирались пробы геотермальной воды из фонтана скважины, речной воды ниже (100 м от точки впадения) и выше по течению от впадения стоков изливающихся скважин (500-1100 м); в местах взятия проб воды отбирались и пробы донных отложений (рис. 1, 2).

Отбор проб проводился в периоды летней межени (конец июня), осенних паводков (начало ноября до ледостава) и весеннего половодья (начало мая). Аналитическая программа включала в себя измерения следующих показателей: в воде — общей минерализации, хлоридов, сульфатов, гидрокарбонатов, натрия, калия, кальция, магния, рН, нефтепродуктов, жесткости; в почвах — хлоридов, сульфатов, карбонатов, бикарбонатов, натрия, рН, нефтепродуктов; в донных отложениях — хлоридов, натрия, рН, нефтепродуктов.

Для вычисления примерных площадей засоления почв близ скважин, заводнения, длин русел постоянного стока использовались методы ГИС на основании анализа космических снимков Google Earth.

Результаты и обсуждение. Засоление почв, как процесс накопления легкорастворимых солей в количествах, токсичных для растительности и животного мира, развивается преимущественно в пустынной, полупустынной и сухостепной зонах при близком залегании минерализованных грунтовых вод. Эта проблема обострилась в связи с нерациональным земледелием и потеплением климата [14]. Затопление суши минерализованной водой геотермальных скважин также приводит к сходным процессам засоления почв, однако, в отличие от аридных областей, в гумидных областях, к которым относится исследуемый район, может иметь свою специфику в связи с промывным водным режимом.

Избыточным является содержание солей свыше 0,25% или 2500 мг соли на 1 кг почвы, при котором почва считается засоленной. В незасоленной почве содержание солей меньше 0,25% на протяжении всех почвенных горизонтов (до 150 см) [2]. В исследуемых гумидных районах количество солей в почвах при одинаковом поступлении их с подземными водами зависит от фазы водности территории и в различные сезоны года изменяется (табл. 1).

В период летней межени почвы у заводненной области близ скважины № 2-Р засолены до 7277 мг/кг, в почвах оврага близ русла постоянного стока геотермальной воды концентрации хлоридов также более чем в 2 раза превышали ПДК. Следует отметить, что в летний засушливый период пойменные почвы территории скважин высыхают. Особенно отчетливо это проявляется на скважине № 2-Р. По причине поверхностного натяжения происходит растрескивание верхнего почвенного горизонта этих почв и формируются участки, аналогичные такырам в аридных и семиаридных регионах. Это говорит об ухудшении водного режима почв, связанное с их засолением.

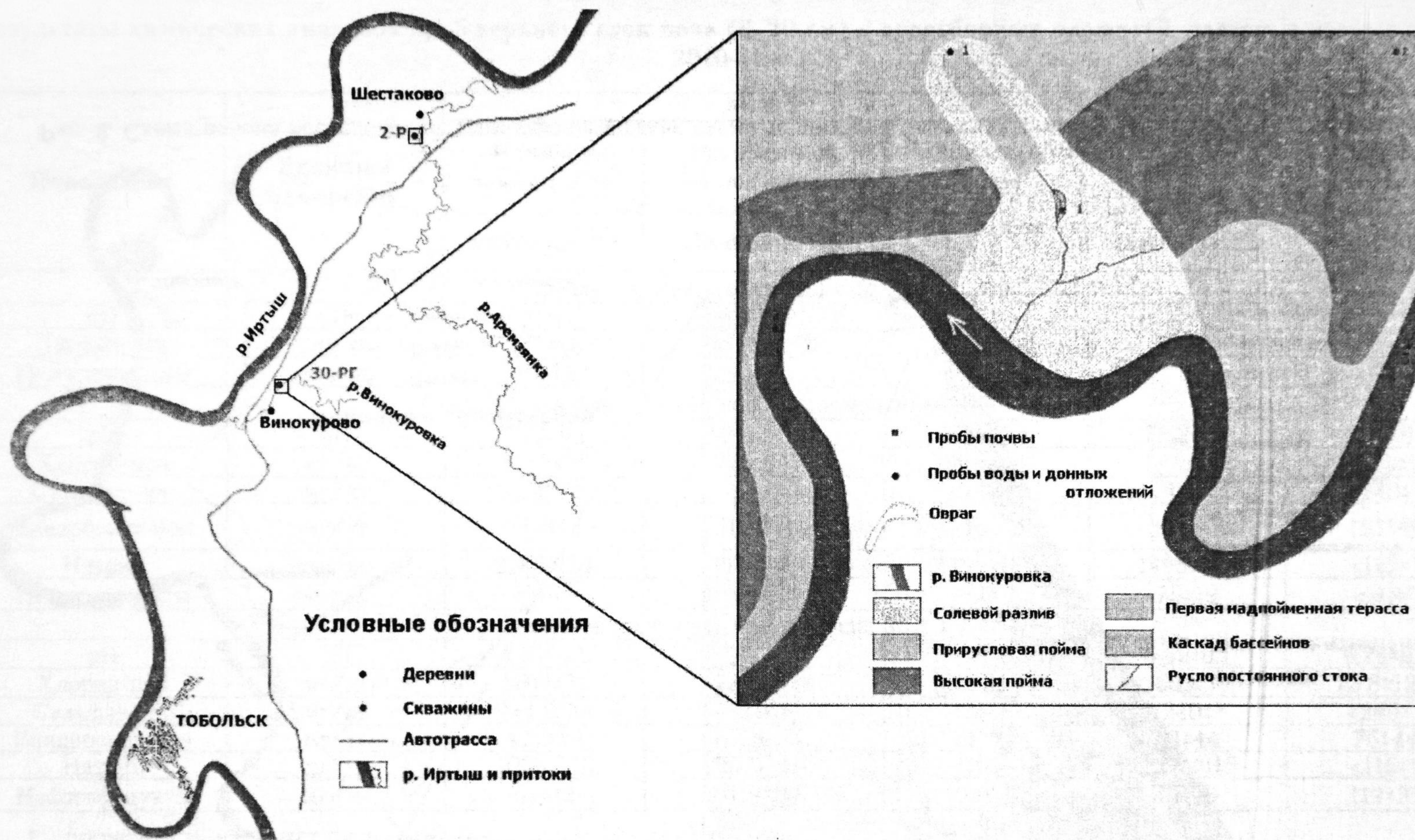


Рис. 1. Схема района исследований, геоморфологическая схема территории близ скважины № 2-Р и точки опробования.

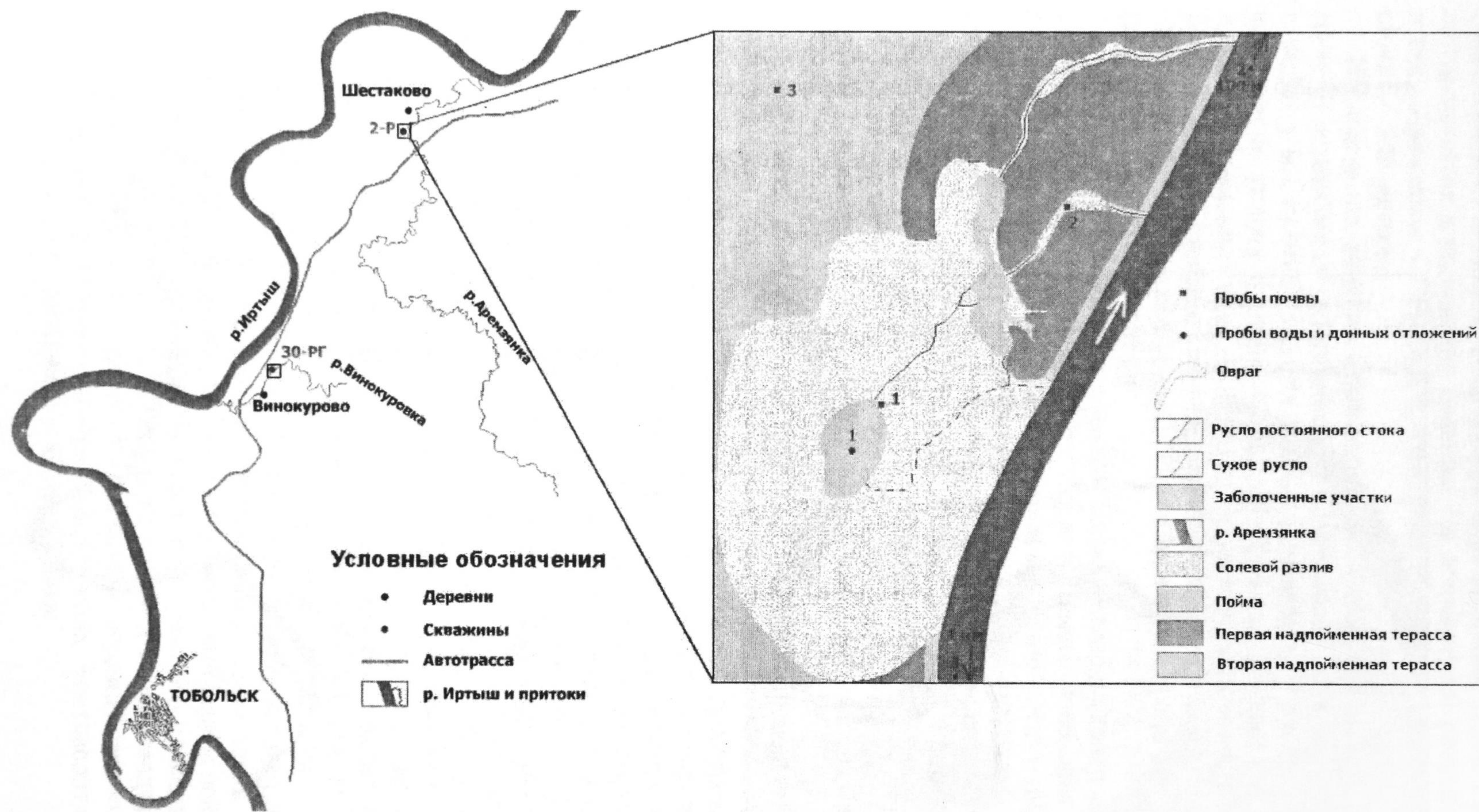


Рис. 2. Схема района исследований, геоморфологическая схема территории близ скважины № 30-РГ и точки опробования.

Таблица 1

Результаты химических анализов проб верхнего слоя почв (0-20 см) с водосборных площадей, взятых в разные сезоны 2010-11 гг.

Показатели	Единицы измерения	№ 2-Р			№ 30-РГ	
		Почвы у заводнения	Засоленные почвы оврага	Фоновые почвы	Засоленные почвы оврага	Фоновые почвы
		Значение $\pm\Delta$	Значение $\pm\Delta$	Значение $\pm\Delta$	Значение $\pm\Delta$	Значение $\pm\Delta$
Летняя межень (конец июня, 2010 г.)						
рН	рН	7.31 \pm 0.1	8.46 \pm 0.1	6.93 \pm 0.1	-	-
Хлорид-ион	мг/кг	7277 \pm 364	5769 \pm 288	1438 \pm 72	-	-
Нефтепродукты	мг/кг	340 \pm 160	72 \pm 13	440 \pm 198	-	-
Осенние паводки (начало ноября до ледостава, 2010 г.)						
рН	рН	7.52 \pm 0.1	9.02 \pm 0.1	7.38 \pm 0.1	7.52 \pm 0.1	5.59 \pm 0.1
Хлорид-ион	мг/кг	5715 \pm **	2233 \pm 110	1991.5 \pm 99	6461 \pm **	81.65 \pm 12
Сульфат-ион	мг/кг	<240 \pm *	<240 \pm *	<240 \pm *	<240 \pm *	<240 \pm *
Бикарбонат-ион	мг/кг	379 \pm 44	1060 \pm 44	946 \pm 44	328 \pm 44	183 \pm 44
Натрий	мг/кг	2185 \pm 184	989 \pm 184	1495 \pm 184	1495 \pm 184	<115 \pm *
Нефтепродукты	мг/кг	<50 \pm *	52 \pm 13	<50 \pm *	75 \pm 19	<50 \pm *
Весеннее половодье (начало мая, 2011 г.)						
рН	рН	7.51 \pm 0.1	7.66 \pm 0.1	6.08 \pm 0.1	6.62 \pm 0.1	6.26 \pm 0.1
Хлорид-ион	мг/кг	1704 \pm 71	2368 \pm 117	130.6 \pm 19.5	5609 \pm **	73.8 \pm 12.4
Сульфат-ион	мг/кг	244.8 \pm 24	<240 \pm *	<240 \pm *	<240 \pm *	<240 \pm *
Бикарбонат-ион	мг/кг	422 \pm 44	568 \pm 44	69 \pm 44	63 \pm 44	76 \pm 44
Натрий	мг/кг	1058 \pm 115	2507 \pm 115	<115 \pm *	2990 \pm 115	<115 \pm *
Нефтепродукты	мг/кг	52 \pm 13	119 \pm 30	91 \pm 23	61 \pm 15	112 \pm 28

* - погрешность не может быть определена ввиду низкого значения,

** - погрешность выше определенного значения и находится вне области аккредитации (нет данных)

В период осенних паводков на участке скважины № 30-РГ превышен допустимый предел содержания хлоридов более чем в 2,5 раза в почве оврага, куда сбрасывается геотермальная вода. Содержание хлора по отношению к фону выше почти в 80 раз (табл. 1). Количество натрия по сравнению с фоном увеличилось в 13 раз. Кроме того, в овраге происходит подщелачивание исходно слабокислых пойменных почв, что выражается в увеличении рН от 5,59 до 7,52. В районах техногенного засоления типично происходит сдвиг кислотно-щелочных условий в щелочную область.

Ситуация значительно изменяется весной в период весеннего половодья, в течение которого происходит вынос солей из засоленных почв талыми водами. Анализы проб, взятых в самый пик половодья у скважины № 30-РГ, свидетельствуют о том, что хлоридов в почвах становится меньше; подщелачивание пойменных почв проявляется слабее (табл. 1). Накопленные соли на водосборе в течение года в период весеннего половодья быстро очищаются от солей талыми водами.

Общей закономерностью является латеральный сдвиг кислотно-щелочной реакции пойменных почв оврагов в сторону щелочного плеча на фоне общего подщелачивания засоленных почв. Исходная реакция среды фоновых почв слабокислая или нейтральная. Подщелачивание происходит в почвах ближайших к скважине, в результате чего они приобретают щелочную реакцию. Еще более значительное увеличение рН происходит в почвах оврагов, где они могут приобретать реакцию, сходную с реакцией солонцовых почв. Так, в овраге близ скважины № 30-РГ величина рН увеличивается до 7,5, что соответствует щелочной реакции; на № 2-Р реакция среды становится сильнощелочной (рН=8.5-9.0), что соответствует реакции среды солонцовых почв. Это явление наблюдалось как в осенний, так и в летний период на территории обеих скважин. В весенний период происходит общее уменьшение рН (связанное с промыванием почв от солей) и сглаживание латерального сдвига: на скважине № 2-Р реакция среды у области заводнения и в овраге практически идентична, на № 30-РГ реакция почв оврага максимально приближена к реакции на фоне (табл. 1).

Анализ содержания нефтепродуктов в почвах позволяет сделать заключение, что обе скважины в целом не являются источником углеводородного загрязнения почв, но в отдельные сезоны возможно повышение концентраций нефтепродуктов на отдельных участках водосборов до уровня чуть выше ПДК. В качестве допустимого предела использовались показатели фонового содержания нефтепродуктов, составляющие в целом по России для песчаных почв и черноземов 100 мг/кг [15]. В летний период на скважине № 2-Р были зафиксированы повышенные концентрации нефтепродуктов в почвах заводненной области (3.4 ПДК), в овраге они не превышали допустимый предел (табл. 1). В период осенних паводков наблюдалось уменьшение концентраций нефтепродуктов на всей территории скважины № 2-Р: даже в почвах у скважины их концентрации находились в пределах ПДК, при этом произошло их небольшое увеличение в оврагах (табл. 1). Весной наблюдалась ситуация, сходная с осенней, однако накопление нефтепродуктов в почвах оврагов увеличилось до порогового уровня — 119 ± 30 мг/кг (табл. 1). Высокие фоновые уровни содержания нефтепродуктов на обеих скважинах, наблюдаемые

в разные сезоны года, прежде всего, очевидно, связаны с влиянием автотранспорта от проходящих вблизи трасс.

Важной отличительной особенностью солевого загрязнения вокруг самоизливающихся скважин является сильная интенсивность засоления, что связано с большим дебитом и, следовательно, большим привнесом солей. На участке высокой поймы в 150 метрах от скважины № 2-Р выше по уклону, где происходит первичное восстановление растительности, обнаружены повышенные концентрации хлорид-ионов и иона натрия (табл. 1). Данное явление, по нашему мнению, связано с интенсивным разбрызгиванием скважиной геотермальной воды и аэрозольным загрязнением. По нашим оценкам, примерная площадь солевого загрязнения на участке скважины № 30-РГ составляет 0,8 га, а на № 2-Р — 1,5 га.

Таким образом, общей закономерностью солевого загрязнения почв водосборов вблизи самоизливающихся геотермальных скважин является высокая интенсивность развития процесса и сезонное изменение концентраций солей: засоление в сухие сезоны и резкое рассоление в период половодья. В основе данного явления лежит высокая миграционная способность хлоридных ионов и ионов натрия, которые в основном содержатся в фонтане геотермальной воды. Интенсивность водной миграции хлоридных анионов характеризуется как очень сильная (коэффициент водной миграции по Перельману $n \cdot 10 - n \cdot 100$), натрия — как сильная ($n - n \cdot 10$), что объясняет процессы засоления-рассоления почв водосборов в разные сезоны. Исходя из вышеприведенных данных, можно предположить, что в период половодья накопленные на водосборе соли интенсивно выносятся в водные системы.

Согласно классификации речных вод О.А. Алекина (1950), природная вода рек Винокуровка и Аремзянка по преобладающему аниону относится к гидрокарбонатному классу, кальциевой группы, содержание ионов натрия и хлора низкое, речная вода маломинерализованная (табл. 2).

Геотермальная вода обеих скважин хлоридно-натриевая, очень жесткая, в ионном составе преобладают анионы хлора и катионы натрия, концентрации которых в сотни раз превышает аналогичные концентрации в реках. Другие ионы в геотермальной воде содержатся в значительно меньших концентрациях (табл. 2). Минерализация и гидрохимический состав геотермальной воды скважины № 2-Р колеблется в течение года. На этой скважине, вероятно, существуют трещины в подземной части, в результате чего в нее могут проникать воды верхних пресноводных горизонтов и смешиваться с геотермальными водами. Химические анализы из фонтана скважины показали, что колебание минерализации геотермальных вод составляет 4,6-17,1 г/л (табл. 2).

Результаты химических анализов проб геотермальной и речной воды, взятых в разные сезоны 2010-11 гг.

Показатели	Ед. измер	№ 2-Р			№ 30-РГ		
		Вода из скважины	Речная вода		Вода из скважины	Речная вода	
			После впадения минерализованных вод	Выше источника загрязнения		После впадения минерализованных вод	Выше источника загрязнения
		Значение ±Δ	Значение ±Δ	Значение ±Δ	Значение ±Δ	Значение ±Δ	Значение ±Δ
Летняя межень (конец июня, 2010)							
Сухой остаток	мг/л	16868±843	514±46	275±25	-	-	-
Хлорид-ион	мг/л	10457±1150	381±80	8.15±1.3	-	-	-
Нефтепродукты	мг/л	0.2±0.05	0.22±0.06	0.43±0.11	-	-	-
рН	рН	7.54±0.1	7.13±0.1	7.67±0.1	-	-	-
Осенний паводок (начало ноября до ледостава, 2010)							
Сухой остаток	мг/л	17195±860	385±35	381±34	18517±926	956±86	248±22
Хлорид-ион	мг/л	9621±1347	34.7±3.8	20.6±3.3	9892±1385	272±24	11.7±1.9
Сульфат-ион	мг/л	4.77±0.8	<2.0±*	2.85±0.8	9.0±1.18	<2.0±*	<2.0±*
Гидрокарбонат-ион	мг/л	482.1±4.7	305.3±3.8	308.3±3.8	360.2±4.1	236.1±3.5	131.6±3.5
Натрий	мг/л	7160±716	39.7±4.0	27.2±2.7	13917±1691	253±25	19.5±2.0
Калий	мг/л	28.8±2.9	2.73±2.73	3.43±0.48	11.8±1.2	4.83±0.68	2.47±0.35
Кальций	мг/л	260±26	90.5±9.1	91.2±9.1	358±36	63.2±6.3	52.8±5.3
Магний	мг/л	55.0±5.5	19.5±2.0	20.3±2.0	108±11	18.6±1.9	16.3±1.6
Нефтепродукты	мг/л	<0.02±*	<0.02±*	<0.02±*	0.084±0.03	0.047±0.017	0.042±0.015
Жесткость	°Ж	15.0±1.7	5.21±0.57	5.2±0.57	19.0±2.1	3.99±0.44	3.56±0.39
рН	рН	7.48±0.2	7.72±0.2	8.02±0.2	7.23±0.2	7.39±0.2	7.49±0.2
Весеннее половодье (начало мая, 2011)							
Сухой остаток	мг/л	4630±417	177±34	166±32	-	280±25	232±21
Хлорид-ион	мг/л	2467±493	<10±*	<10±*	-	26.3±2.9	<10±*
Сульфат-ион	мг/л	4.19±0.8	16.96±2.13	15.65±1.98	-	7.56±1.02	-
Гидрокарбонат-ион	мг/л	538±**	67.4±2.6	66.1±2.6	-	181.2±3.2	163±18
Натрий	мг/л	1547±155	11.87±1.19	8.9±1.25	-	39.6±4.0	7.3±1.0
Калий	мг/л	<0.5±*	2.66±0.37	2.69±0.38	-	1.53±0.31	-
Кальций	мг/л	85.3±8.5	21.24±2.12	31.73±3.17	-	40.3±4.0	36.3±3.6
Магний	мг/л	20.6±2.1	5.68±0.8	5.38±0.75	-	6.2±0.87	-
Нефтепродукты	мг/л	0.048±0.017	<0.02±*	<0.02±*	-	<0.02±*	<0.02±*
Жесткость	°Ж	6.19±0.56	1.41±0.13	1.68±0.15	-	2.92±0.26	2.71±0.24
рН	рН	7.06±0.2	7.05±0.2	7.49±0.2	-	6.79±0.2	6.56±0.2

* - погрешность не может быть определена ввиду низкого значения,

** - погрешность не может быть определена ввиду высокого значения (нет данных)

Сезонные изменения влияния геотермальных вод на гидрохимический режим рр. Винокуровка и Аремзянка связаны с естественным колебанием их минерализации и гидрохимического состава в различные фазы водности. В р. Аремзянка в 100 метрах ниже по течению минерализация воды в летнюю межень почти в 2 раза превышала фоновую за счет значительного увеличения количества хлоридов. При этом происходила смена гидрокарбонатного класса воды на хлоридный класс (табл. 2). В период осенних паводков смена класса и группы речных вод не наблюдалось, что связано с более высокими расходами воды в реке (табл. 2). В р. Винокуровка после сброса геотермальных вода по гидрохимическому составу соответствует геотермальной воде на расстоянии 100 м и более. Минерализация повышается в 3,8 раза, содержание хлоридов — в 23 раза по сравнению с фоновыми значениями (табл. 2).

В период весеннего половодья, когда расход воды максимален, засоление рр. Аремзянки и Винокуровка геотермальными водами не проявляется, что связано с большими объемами поступления талых вод в гумидных регионах. В этот период смена класса и группы речных вод не происходит: концентрации хлоридов не превышают концентрации гидрокарбонатов, концентрации натрия не превышают концентрации кальция (табл. 2). В половодье минерализация р. Аремзянка колеблется от 40 до 175 мг/л, а после его окончания заметно повышается и достигает высоких значений во время летней межени. В период осеннего дождевого паводка минерализация опять снижается. Максимальных значений минерализация воде прилегающих рек достигает во время зимней межени, когда расходы воды в реках минимальны. В меженный период на реках исследуемого региона она составляет 450-650 мг/л [16].

Проведенные анализы позволяют сделать вывод, что воды скважин № 30-РГ и № 2-Р не загрязняют реки нефтепродуктами, однако в отдельные сезоны возможно повышение концентраций нефтепродуктов выше ПДК для вод рыбохозяйственного значения (0,05 мг/л). В летний период в фонтане скважины № 2-Р и в 100 метрах ниже по течению р. Аремзянка были обнаружены повышенные показатели нефтепродуктов для вод рыбохозяйственного значения (табл. 2).

Поступление высокоминерализованных вод в речные системы привело к накоплению хлоридов и натрия в донных отложениях ниже по течению. Во все сезоны года в 100 метрах от слива геотермальной воды концентрации этих веществ в несколько раз превышают фоновые (табл. 3). Это свидетельствует о глубоких изменениях в речной системе на участке воздействия геотермальных вод, несмотря на промывной режим гумидной территории.

Таким образом, важной особенностью влияния геотермальных вод на речные системы гумидных регионов является пульсирующий характер изменчивости показателей минерализации и ионного состава вод, обусловленный промывным режимом водосборов и соотношением объема изливающихся вод, накопленных солей на водосборе и поверхностного стока талых и паводковых вод.

Таблица 3

Результаты химических анализов проб донных отложений р. Аремзянка, взятых в разные сезоны 2010-11 гг.

Показатели	Единицы измерения	Донные отложения	
		После впадения минерализованных вод	Выше источника загрязнения
		Значение $\pm\Delta$	Значение $\pm\Delta$
Осенний паводок (начало ноября до ледостава, 2010)			
Хлорид-ион	мг/кг	308 \pm 31	25 \pm 2.5
Натрий	мг/кг	207 \pm 23	<115 \pm *
pH	pH	8.02 \pm 0.1	6.92 \pm 0.1
Нефтепродукты	мг/кг	<50 \pm *	<50 \pm *
Весеннее половодье (начало мая, 2011)			
Хлорид-ион	мг/кг	188 \pm 19	21.7 \pm 2.2
Натрий	мг/кг	414 \pm 69	<115 \pm *
pH	pH	6.77 \pm 0.1	6.7 \pm 0.1
Нефтепродукты	мг/кг	<5 \pm *	<5 \pm *

* - погрешность не может быть определена ввиду низкого значения.

Заключение. Разливы геотермальных вод вызывают засоление почв водосборов и нарушают гидрохимический режим малых рек вблизи фонтанирующих скважин. Затопление водосборов высокоминерализованной геотермальной водой приводит к процессам интенсивного засоления почв. В период летней межени вблизи фонтанирующих скважин в почвах накапливаются соли в очень высоких концентрациях. В отличие от аридных областей в гумидных областях промывной режим почв способствует естественному промыванию и очищению почв водосборов от солей, особенно в весенний период. Примерная площадь засоления вокруг скважин составляет 0,8-1,5 га.

Особенностью влияния геотермальных вод на малые реки региона является пульсирующий характер изменчивости показателей минерализации и ионного состава вод, обусловленный промывным режимом водосборов и соотношением объема изливающихся вод, накопленных на водосборе солей и поверхностного стока талых и паводковых вод. В период летней межени содержание солей в речной воде многократно повышается, осенью и особенно весной снижается. В половодье содержание солей в речной воде соответствует фоновым значениям. Накопление солей в донных отложениях, характерное для всех сезонов, свидетельствует о глубоких преобразованиях речных систем в зонах влияния.

Загрязнение почв и вод нефтепродуктами вследствие самоизлива геотермальных вод не выявлено, обе скважины в целом не являются источниками углеводородного загрязнения. Возможны лишь повышения концентраций нефтепродуктов в летний сезон.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соромотин А.В., Гашев С.Н., Казанцева М.Н. Солевое загрязнение таежных биогеоценозов при нефтедобыче в Среднем Приобье. В сб.: Проблемы географии и экологии Западной Сибири. Тюмень: Изд-во Тюменского государственного университета, 1996. С. 121-131.
2. Солнцева Н.П. Добыча нефти и геохимия ландшафта. М.: Издательство МГУ, 1998. 376 с.
3. Жарков Р.В. Типы термальных вод Южных Курил и Севера Сахалина и их влияние на ландшафты: автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. Хабаровск, 2008. 186 с.
4. Коваленко А.И., Уварова В.И. Засоление как фактор техногенного воздействия на водные объекты Тюменской области. Окружающая среда и менеджмент природных ресурсов: Тез. докл. междунар. конференции. Тюмень: Изд-во Тюменского государственного университета, 2010. С. 173-175.
5. Armannsson, H., Kristmannsdottir, H. Geothermal environmental impact // Geothermics. 1992. Vol. 21. Pp. 869-880.
6. Cengiz, K. Effects on Environment and Agriculture of Geothermal Wastewater and Boron Pollution in Great Menderes Basin. Environmental Monitoring and Assessment. 2006. Vol. 125. Pp. 377-388.
7. Dogdu, M.S., Bayari C.S. Environmental impact of geothermal fluids on surface water, groundwater and streambed sediments in the Akarcay Basin, Turkey // Environmental Geology. 2005. Vol. 47. Pp. 325-340.
8. Nakahara, H., Yanokura, M., Murakami, Y. Environmental effects of geothermal waste water on the near-by river system // Journal of Radioanalytical Chemistry. 1978. Vol. 45. Pp. 25-36.
9. Qinghai, G., Yanxin, W. Trace Element Hydrochemistry Indicating Water Contamination in and Around the Yangbajing Geothermal Field, Tibet, China. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 2009. Vol. 83. Pp. 608-613.
10. Старков В.Д., Тюлькова Л.А. Геологическая история и минеральные богатства Тюменской земли. Тюмень: ИПП «Тюмень», 1996. 190 с.
11. Отчет о результатах геологоразведочных работ по объекту «Инвентаризация и определение состояния скважин на пресную и минеральную воду, пробуренных в южной части Тюменской области». Отчет Территориального центра «Тюменьгеомониторинг». 2008. С. 221.
12. Коновалов И.А., Пак И.В. Экологическое состояние территорий в районах разведочных скважин нераспределенного фонда недр юга Тюменской области. Окружающая среда и менеджмент природных ресурсов: Тез. докл. междунар. конференции. Тюмень: Изд-во Тюменского государственного университета, 2010. с. 177-179.
13. Физико-географическое районирование Тюменской области / Под ред. Н.А. Гвоздецкого М.: Издательство МГУ, 1973. 245 с.
14. Sereda, J., Bogard, M., Hudson, J., Helps, D., Dessouki, T. Climate warming and the onset of salinization: rapid changes in the limnology of two northern plains lakes // Limnologia. 2011. 41. Pp. 1-9.
15. Пиковский Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. М.: Издательство МГУ, 1993. 208 с.
16. Лезин В.А. Реки Тюменской области (южные районы). Справочное пособие. Тюмень: Вектор Бук, 1999. С. 196.