

ДОНБАСС: ПОТОКИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ ИЗ НЕДР В АТМОСФЕРУ

Вперше наведено результати 38 вимірювань потоків вуглеводневих газів по профілю Волноваха–Донецьк–Луганськ–Станично-Луганське газосорбційними трубками з активованим вугіллям та молекулярними ситами. Кількісно оцінено потоки газів з сучасних ґрунтових покривів Волноваського масиву Українського щита, складчастого Донбасу та крайової частини Воронезької антеклізи. Результати вимірів порівнюються з даними концентратометрії вільних вуглеводнів і CO₂.

DONETS BASIN: SEEPS OF THE HYDROCARBON GASES FROM BOWELS TO ATMOSPHERE

At first time the have been introduced the results of 38 hydrocarbon gases seeps measurements along the profile Volnovakha – Donetsk – Lugansk – Stanichno-Luganske, performed with gas sorption tubes which filled with absorbent carbon and molecular sieves. Quantified the gases seepage from the recent soil cover of Volnovakha massive of Ukrainian Shield, Fold Donbas and selvedge of Voronezh Antecline. The results of measurements have been matched with the concentration metric data for free hydrocarbons and CO₂.

Наземные измерения потоков и концентраций газов из подпочвы в атмосфере проведены автором в составе исследовательской группы по договору с одним из предприятий Санкт-Петербурга в 1991 году. Флюидодинамические особенности предполагалось использовать в геодинамическом районировании, прогнозе экранирующих свойств угленосных разрезов и проницаемости надвигов. Одновременно проведены измерения распределения по глубине радиоактивных элементов, температуры, физико-химических и других свойств. Ниже приводятся разрешенные к опубликованию величины содержаний компонентов в газовых смесях после дегазации сорбента трубок и значения потоков газов, рассчитанные по времени стояния трубок (от 3 до 6 суток) с площадью газосборных воронок 73–90 см².

Профиль пересекает открытый Донбасс с выходом на Старобельско-Миллеровскую моноклираль и частично расположен в зоне поперечного Донецко-Кадиевского разлома (рис.1). Почвенно-геохимическая съемка выполнена в 71 пункте, дебитометрия – в 38, в основном через один пункт профиля. Глубина измерений 60-85 см, между пунктами (опорными почвенными разрезами) – 2–4 км, длина профиля по отрезкам между пикетами 212 км. На каждом пункте бурилась скважинка диаметром 13 см и глубиной до 85 см с постепенным углублением забоя и описанием почвенного разреза, классификацией почв и отбором проб на гранулометрический и агрохимический анализ с глубин 0–20 см, 20–50 см и более 50 см. Полудюймовые проточные газодобитомерные трубки высотой 25 см с газосборной воронкой конструкции М. Знака и А. Борковского [1] устанавливались вертикально на забое скважинки и присыпались почвой. Газовый поток поступал в воронку-насадку, проходил через сорбент и выходил через верхний штуцер и резиновую трубку в атмосферу.

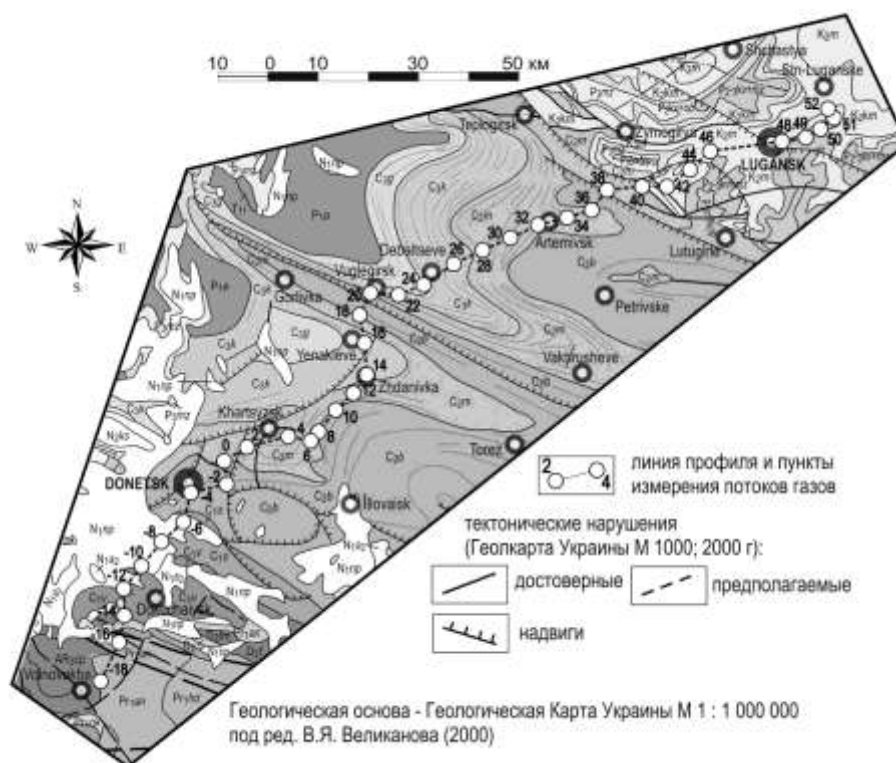


Рис. 1 – Расположение пунктов измерения потоков газов на профиле Волноваха – Донецк – Луганск – Станично-Луганское.

На пикетах съемки рядом с опорным почвенным разрезом проводился вакуумный отбор почвенного газа конусным пробоотборником из комплекта эманометра с глубины 50–60 см и определение концентрации метана и углекислого газа шахтным интерферометром ШИ-11. Концентрации свободного метана с точностью 1 ppm и температура почв ($\pm 0,05^\circ\text{C}$) определены контрольным полевым анализатором ПГИ-1, имеющим атомно-абсорбционный детектор, выносной и внутренний температурные датчики. Термовакuumная дегазация снятых и загерметизированных дебитометров и газохроматографическое определение концентраций углеводородных газов выполнены под методическим контролем А.А. Борковского.

Статистическая обработка концентраций газов, извлеченных дегазацией сорбентов, показывает, что все распределения согласуются с логнормальным законом. Для двух пикетов в пределах Приазовского массива, 27 пикетов в границах складчатого Донбасса и 9 пикетов на склоне Воронежской антеклизы медианные оценки содержаний большинства компонентов близки. В пробах присутствуют этилен и пропилен, гомологи нормального строения и изомеры. Обращают на себя внимание повышенные концентрации конденсированных пентана (до $4,8 \times 10^{-4} \%$ об.) и гексана (до $8,0 \times 10^{-4} \%$ об.) и суммы тяжелых углеводородов ТУ (таблица 1).

Таблица 1 – Статистические оценки распределения концентраций десорбированных газов для всего профиля (N = 38)

Газ, 10 ⁻⁴ об.%	Минимум	Максимум	Средне- арифмети- ческое	Медиана	Стандартное отклонение	Коэффици- ент вариации	Асиммет- рия	Экссес
Метан	4,51	43,5	13,8	10,8	7,8	56,7	1,6	4,2
Этан	0,02	2,6	0,4	0,2	0,5	131,4	3,0	10,8
Этилен	0,05	6,0	1,2	0,7	1,3	106,7	1,8	3,8
Пропан	0,01	2,7	0,3	0,2	0,5	138,7	3,7	17,2
Пропилен	0,01	1,3	0,3	0,2	0,3	108,5	1,8	3,4
i-Бутан	0,02	4,2	0,9	0,5	1,1	119,2	1,4	1,1
n-Бутан	0,02	14,7	2,5	1,4	3,2	130,1	2,0	4,7
i-Пентан	0,02	4,8	1,2	0,8	1,3	107,4	1,4	1,8
n-Пентан	0,02	4,2	1,0	0,7	1,0	106,0	1,6	2,8
i-Гексан	0,15	8,0	2,5	2,3	2,1	83,1	0,8	0,3
n-Гексан	0,09	4,4	1,3	1,1	1,2	89,8	1,0	0,5
Сумма ТУ	0,51	43,3	11,6	8,9	10,7	92,5	1,4	1,8

Полученные нами уровни содержаний десорбированных углеводородов сопоставимы с данными работы [2], где для газа почвенного покрова полей шахт Томашевская, имени О.Ф. Засядько и Краснолиманская среднеарифметические содержания метана составляют от 2,3 до $3,7 \times 10^{-4}$ объемных процента, а общий диапазон изменения содержаний (0,05–663) этих единиц. Для суммы тяжелых углеводородов (по пентан включительно) среднеарифметические значения по разным участкам указанных шахт варьируют в диапазоне $(0,25–0,33) \times 10^{-4}$ %. Максимальные содержания тяжелых углеводородов достигают $21,2 \times 10^{-4}$ % на северном детализационном участке шахты им. О.Ф. Засядько и $22,2 \times 10^{-4}$ % на шахте Краснолиманская. На профиле Волноваха – Станично-Луганское метана, как видно из таблицы 1, по медианной оценке сорбировано $10,8 \times 10^{-4}$ % и диапазон изменения его содержаний $(4,5–43,5) \times 10^{-4}$ %. Суммарное содержание тяжелых углеводородов разного происхождения в дебитомерных трубках профиля накоплено от 0,5 до $43,3 \times 10^{-4}$ % с медианой 8,9.

Газогеохимические исследования воздуха шахт вентиляционных и конвейерных ходков, а также 18 конвейерного штрека шахты им. О.Ф. Засядько по данным [2] подтверждают высокие концентрации гомологов метана на глубине: среднеарифметические концентрации по группам точек измерений меняются по нашим расчетам от 10,1 до $264,7 \times 10^{-4}$ %, то есть от сравнимых с полученными наземными данными и до таких, что на порядок выше, чем в приповерхностном слое.

Результаты измерения потоков углеводородных газов на профиле приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Потoki углеводородных газов, измеренные на пикетах профиля
Волноваха – Донецк – Луганск – Станично-Луганское

№ пункта измерения	Географические координаты		Потоки углеводородных газов, 10 ⁻⁴ см ³ /м ² в сутки								
	Долгота	Широта	Метан	Этан	Этилен	Пропан	Пропилен	(i+n)- Бутан	(i+n)- Пентан	(i+n)- Гексан	Сумма ТУ
Приазовский массив											
-18	37,535	47,611	359,1	7,6	21,6	11,5	10,8	338,3	262,8	264,4	917,0
-16	37,584	47,680	316,0	2,2	7,4	2,2	1,4	19,6	11,3	10,3	54,4
Складчатый Донбасс											
-14	37,598	47,728	262,5	5,0	8,0	1,6	2,4	5,3	6,3	10,3	38,9
-12	37,597	47,776	757,3	11,4	94,9	28,8	17,7	119,5	130,0	139,3	541,6
-10	37,645	47,816	999,3	22,0	272,1	53,0	27,7	310,4	144,3	353,6	1183,1
-8	37,698	47,859	895,5	6,5	12,5	4,2	5,6	90,2	112,6	140,2	371,8
-6	37,757	47,895	762,0	12,2	85,0	22,2	12,9	287,6	116,3	178,2	714,4
-4	37,777	47,947	633,3	7,9	62,5	10,6	5,9	77,9	51,9	83,5	300,2
-2	37,872	47,962	153,4	23,2	7,6	1,7	0,6	10,2	8,1	12,9	64,3
0	37,866	48,004	164,6	3,9	2,8	3,8	1,2	21,3	10,4	15,5	58,9
2	37,927	48,028	117,5	2,7	6,1	1,1	1,2	3,0	4,2	6,1	24,4
4	38,038	48,047	488,3	72,4	122,8	22,0	18,3	371,0	251,3	322,1	1179,9
6	38,098	48,039	180,5	2,2	13,7	1,8	1,8	8,1	6,2	20,6	54,4
8	38,119	48,056	190,5	0,5	1,4	0,4	0,3	2,6	2,2	6,3	13,7
10	38,165	48,095	1189,2	21,8	58,9	18,3	16,5	119,3	77,8	131,9	444,5
12	38,212	48,124	508,5	5,5	29,0	10,4	15,4	156,3	90,5	159,3	466,4
14	38,248	48,158	269,1	1,7	26,2	1,7	1,4	7,7	5,7	5,9	50,3
16	38,243	48,214	274,8	3,1	7,0	3,5	2,7	5,7	1,0	5,9	28,9
18	38,229	48,264	731,3	5,5	20,3	5,3	7,5	72,6	97,3	163,2	371,7
20	38,259	48,303	262,4	15,8	78,8	13,0	33,2	13,9	21,0	69,2	244,9
22	38,333	48,300	205,0	32,2	29,5	2,1	33,1	39,9	43,8	103,4	284,0
24	38,400	48,318	264,9	7,4	15,1	6,1	6,2	93,0	99,7	205,6	433,1
26	38,481	48,355	261,7	10,5	53,8	4,6	3,6	16,3	7,4	59,8	156,0
28	38,558	48,380	452,5	3,1	21,7	8,0	5,5	107,7	58,6	94,5	299,1
30	38,633	48,401	431,9	3,6	15,3	4,4	2,7	40,7	34,9	65,5	167,1
32	38,707	48,425	498,2	17,9	61,9	15,1	12,8	255,1	117,6	183,0	663,4
34	38,785	48,438	240,5	32,1	19,7	2,2	1,3	9,4	4,7	55,1	124,5
36	38,850	48,451	265,3	1,5	5,3	1,5	2,4	10,5	8,6	33,7	63,5
38	38,892	48,487	217,7	1,0	13,9	8,0	4,8	141,4	84,1	239,0	492,2
Старобельско-Миллеровская моноклираль											
40	38,985	48,493	369,2	4,3	87,1	8,4	4,1	129,6	66,6	62,4	362,5
42	39,052	48,493	598,2	18,2	40,9	12,0	13,2	491,5	231,2	322,1	1129,1
44	39,114	48,523	402,0	3,2	3,4	66,2	1,8	22,4	24,1	94,2	215,3
46	39,168	48,556	280,5	2,8	11,4	2,9	2,5	14,7	7,5	30,0	71,8
48	39,360	48,574	450,0	10,1	46,2	13,2	15,0	289,0	108,2	143,5	625,2
49	39,424	48,580	148,4	1,4	3,5	0,8	1,2	40,9	31,8	92,3	171,9
50	39,463	48,596	295,7	8,8	41,9	4,2	13,0	1,8	11,5	97,9	179,1
51	39,500	48,615	116,0	1,6	2,4	1,0	1,1	2,4	3,1	5,0	16,6
52	39,484	48,632	184,4	2,0	11,0	2,8	4,2	54,1	62,4	108,6	245,1

Полученные данные могут быть использованы для оценок эмиссии углеводородных газов в атмосферу и установления относительной флюидопроницаемости структур и надвигов. Чтобы оценить соотношение глубинных и приповерхностных газовых компонентов, проанализированы данные бурения скважин

в горных выработках Так, О.О. Тараник и др [3] отмечают повышенное газовыделение с аномальным компонентным составом по рабочим пластам шахты им. О.Ф. Засядько и Щегловская-Глубокая. Подчеркивается аккумуляция и усложнение состава углеводородных газов в районах Ветковского, Семеновского и Григорьевского надвигов. На концентрации высокомолекулярных газов до 1,6 % в угольных пластах и 0,24 % в углевмещающих породах разрезов северной зоны мелкой складчатости Восточного Донбасса указывают А.А. Чихирин и В.Н. Труфанов [4]. Содержание гомологов возрастает в зонах тектонической нарушенности.

Таким образом, существует значительный градиент концентраций углеводородных газов с глубиной и каналы миграции, что объясняет перемещение к поверхности и регистрацию не только метана и его гомологов до бутана, но и пентана и гексана в парообразной фазе. Заметим, что по справочнику физических величин (1976, табл. 11.13) в водногазовой смеси температура кипения пентана (при содержании 1,4 % по массе) составляет лишь 34,6°С, то же для гексана (5,6 % масс.) – 61,6°С. Энергетической основой продвижения фронтов концентраций метана и высокомолекулярных углеводородов может быть циклическая сорбция-десорбция вследствие пульсационных современных движений и волнового характера текущего напряженно-деформированного состояния.

Наглядное представление об интенсивности флюидной разгрузки из недр дает рис. 2.

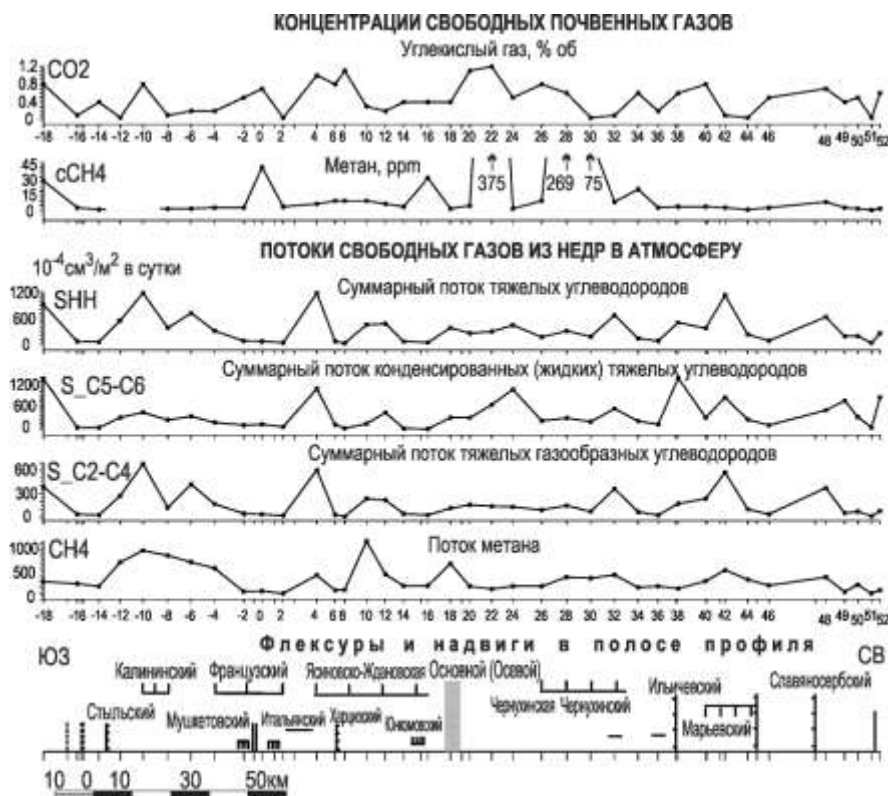


Рис. 2 – Распределение потоков и концентраций газов по профилю Волноваха – Донецк – Луганск – Станично-Луганское.

Из него следует, что графики распределения по профилю суммарных потоков ТУ, до бутана включительно, и сумм высших гомологов подобны только над от-

дельными надвиговыми зонами. В поисковой геохимии такое подобие служит одним из признаков преобладания фильтрационного переноса, когда на пути миграции сохраняются главные черты первичного соотношения составных частей смеси и сопряженная (ансамблевая) интенсивность разгрузки.

К более проводимым нарушениям, в том числе по CO_2 , относятся (в пересечении профилем) Калининский надвиг и оперяющие разрывы, зоны Итальянского и Харцизского надвигов и особенно надвиги северной части бассейна – Марьевский и Славяносербский. Более детальный шаг дебитометрической съемки позволит выделить и другие проводящие и экранирующие дислокации. Дегазация пучков краевых продольных разломов складчатого сооружения лучше выражена ближе к северной зоне мелкой складчатости, в том числе по насыщенным углеводородам и углекислому газу. Южная переходная к Приазовскому массиву зона имеет тенденцию разгрузки в атмосферу более сухого газа.

Экранирующие свойства проявляют пересеченные профилем и прилегающие отрезки Мушкетовского и Французского, а также Юнкомовского надвигов. Здесь ниже и вариации свободного почвенного метана, зарегистрированного полевым хроматографом ПГИ-1. Масштабная дегазация недр наблюдается над северным крутым крылом Главной антиклинали; Осевой разрыв проявился незначительной аномалией потока метана. Наличие аномалий в основном над выходами отдельных надвигов, возможно, подчеркивает флюидоэкранирующую роль автохтона.

Вдоль Ясиновско-Ждановской и Чернухинской флексур обнаруживается слабая дифференциация соотношений TU и жирности углеводородных газов, но высокая изменчивость концентраций почвенного метана, достигающих $375 \times 10^{-4} \%$.

Долговременные измерения потоков газов имеют преимущество перед измерением мгновенных концентраций благодаря сглаживанию часовых, суточных и недельных вариаций содержаний и накоплению полезного геохимического сигнала. На рисунке 2 это косвенно подтверждается несовпадением пиков потоков и пиков объемных содержаний газов. Очевидно, что совместное применение таких «разночастотных» методов целесообразно для выделения участков современной геодинамической активизации и геодинамического районирования.

Автор признателен О.И. Смоголюку, Ю.Ю. Сабову, В.Я. Сагану и водителю М.В. Баркуну, участвовавшим в полевых работах и обработке данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Знак М.С., Кучак В.И. Газодебитная съемка и устройство для ее выполнения // Разведка. и разраб. нефт. и газовых месторождений: Республ. Межвед. науч.-техн. сб. – 1985, Вып. 22. – С. 98.
2. Прогнозування геодинамічних зон та перспективних площ для видобутку шахтного метану вугільних родовищ Донбасу // І.Д. Багрій, П.Ф. Гожик, В.І. Почтаренко, С.Д. Аксьом, В.Р. Дубосарський, І.Є. Мамишев, А.М. Кізлат, В.М. Палій. – Київ: Фоліант, 2011. – 236 с.
3. Тараник О.О., Канін В.О., Тихоліз О.М. Дослідження складу і шляхів міграції газів у гірничі виробки шахт ім. О.Ф. Засядька та «Щеглівської – Глибокої» // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. – 2008. – № 2. – С. 146–155.
4. Чихирин А.А., Труфанов В. Н. Состав природных газов угленосных толщ Северной зоны мелкой складчатости Восточного Донбасса // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. – 2005. – № 1. – С. 88–91.

Инженеры В.Г. Стратов, И.А. Стежко
(ОАО «Гипрошахт»),
Е.В. Гончаров, А.Т. Карманский
(ОАО ВНИМИ)

**КОМПЛЕКСНОЕ ОСВОЕНИЕ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ,
СОДЕРЖАЩИХ ПЛАСТЫ КРУТОГО ПАДЕНИЯ С ИХ ДЕГАЗАЦИЕЙ И
ГАЗИФИКАЦИЕЙ УЧАСТКОВ НЕ ПРИГОДНЫХ К ШАХТНОЙ
ОТРАБОТКЕ**

Запропонована схема комплексного освоєння складного за гірничо-геологічних умов родовища.

**INTEGRATED DEVELOPMENT OF COAL DEPOSITS WITH SEAMS
STEEP DROP FROM DEGASSED AND GASIFICATION AREAS NOT FIT
FOR MINING SHAFT**

The chart of the complex mastering of deposit difficult on горно-геологическим terms is offered

Перспективы комплексного освоения угленосных месторождений были доказаны авторами в 90-х годах прошлого века на примере месторождений Карагандинского и Печорского бассейнов. Однако конъюнктурные особенности прошедшего времени не позволили внедрить и рассмотреть перспективы данного вопроса, который актуален для ряда месторождений Кузнецкого бассейна, Восточной Сибири и Центрального района Донбасса. В настоящее время авторами выполнена технико-экономическая оценка комплексного освоения угольного месторождения в Восточной Сибири, полностью соответствующая идеологии авторов на освоение месторождений, включающих крутопадающие угольные пласты.

В настоящее время идет бурное развитие геотехнологических методов добычи полезных ископаемых в целом ряде стран. Если иметь ввиду добычу угля и сопутствующую горным работам добычу метана то, прежде всего, необходимо упомянуть такие страны как США, Китай, Австралию, Южно-Африканскую Республику. В ряде стран методы на основе подземной газификации развиваются, но разработки не носят характер повторения опыта и разработок специалистов вышеперечисленных стран. Для Республики Украины необходимо отметить инициативу и опыт д.т.н. Гайко Г.И, проф, д.т.н. Заблудского Н. (ДГТУ, Алчевск), к. геол-минерал. наук Поливцева А.В.

В технологиях извлечения метана из угольных пластов преобладают тенденции предварительного инициирования трещиноватости, прежде всего проведением гидроразрывов с последующим откачиванием жидкости (воды) и подключением скважин к системам вакуумирования. Наиболее известный успешный опыт такого подхода является разработка газугольного месторождения Сан-Хуан в США. В настоящее время усиленно предлагается добывать сланцевый газ с применением этой же технологии, но положительные результаты таких промышленных испытаний авторам не известны. Более интересный и разнообразный опыт достигнут в Карагандинском бассейне группой исследова-