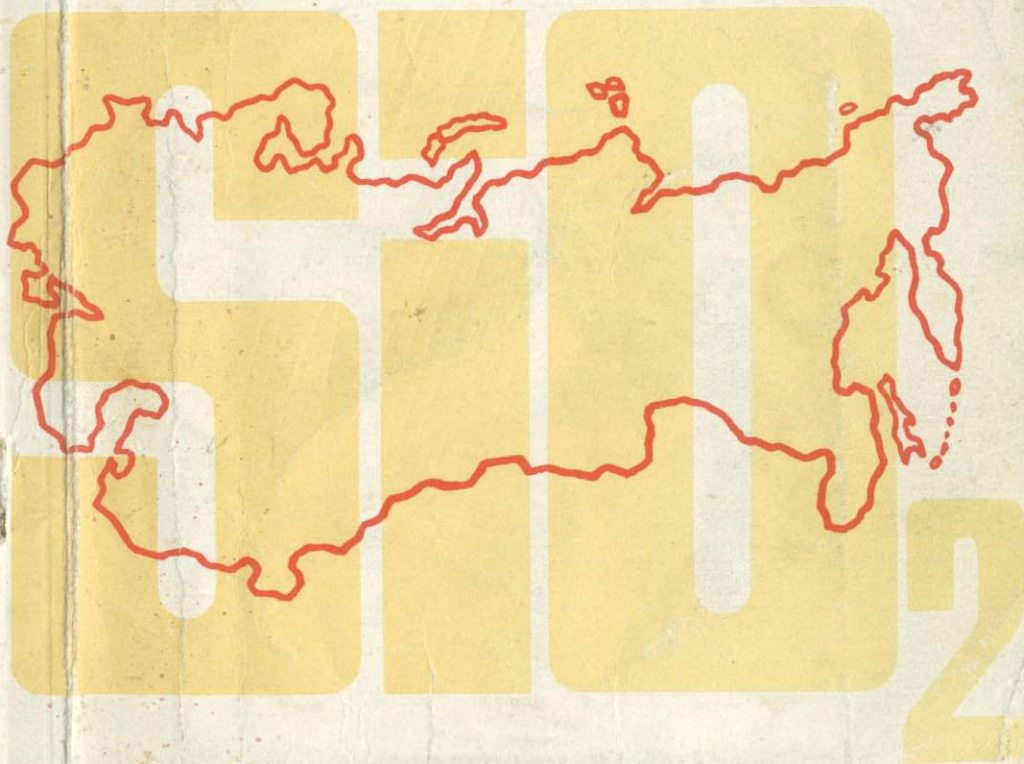


А. М. Цехомский, Д. И. Карстенс

**КВАРЦЕВЫЕ
ПЕСКИ, ПЕСЧАНИКИ
И КВАРЦИТЫ**

СССР



МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

А. М. Цехомский, Д. И. Карстенс

КВАРЦЕВЫЕ
ПЕСКИ, ПЕСЧАНИКИ
И КВАРЦИТЫ
СССР

3782



ЛЕНИНГРАД «НЕДРА» ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ 1982

Цехомский А. М., Карстенс Д. И. Кварцевые пески, песчаники и кварциты СССР. — Л.: Недра, 1982. — 158 с. (М-во геологии СССР. Всесоюз. науч.-исслед. геол. ин-т).

Работа посвящена рассмотрению особенностей структуры, вещественно-состава, условий формирования, распространения кварцевых первично-осадочных пород и перспектив использования их в народном хозяйстве на основании многолетних исследований авторов и систематизации большого объема литературного материала. Приведены характерные черты месторождений кварцевых пород и закономерности их размещения, обусловленные изменением тектонического режима, палеогеографической обстановки и активностью химического выветривания. Дана классификация районов развития кварцевых пород, приведены рекомендации по направлению поисков месторождений кварцевого сырья.

Для геологов, занятых поисками и изучением месторождений кварцевого сырья для различных отраслей народного хозяйства.

Табл. 12, ил. 35, список лит. 80 назв.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Аварцевые пески, песчаники и первично-осадочные кварциты занимают одно из важнейших мест среди осадочных и метаморфических образований. Распространение этих пород неравномерно, что обуславливается своеобразием условий их формирования. Физико-химические свойства кварцевых песков определяют их применение в качестве стекольного и керамического сырья, формовочного, абразивного и строительного материала. Широко используются в народном хозяйстве также песчаники и кварциты.

Ниже рассматриваются вещественный состав, генезис, закономерности развития и диапазон возможного применения описываемых пород. В литературе эти вопросы освещены недостаточно. Обобщение и анализ результатов всесторонних многолетних исследований кварцевых первично-осадочных пород, по мнению авторов, важны не только для получения возможно полного представления о них и о геологии включающих эти породы литологических комплексов, но и для поисков месторождений необходимого промышленности кварцевого сырья. Кроме того, приведенные данные представляют интерес для решения многих вопросов палеогеографии (включая климат) и, вероятно, будут полезны для обоснования стратиграфии вмещающих эти породы толщ и тектонического режима регионов формирования последних. Следует особо отметить, что кварцевые первично-осадочные породы служат важным показателем развития кор химического выветривания, с которыми связано формирование месторождений многочисленных экзогенных полезных ископаемых, приобретающих в последние годы большое народнохозяйственное значение. Все это определяет актуальность и своевременность опубликования настоящей работы.

В основу работы легли результаты проведенного авторами в разное время изучения кварцевых первично-осадочных пород в пределах большинства регионов СССР, а также материалы многих отечественных и зарубежных исследователей. Тем не менее эти данные оказались недостаточными для полного освещения отдельных вопросов. Правда, это касается лишь вопросов качества пород как промышленного сырья. Большинство авторов они характеризуются только как геологические образования.

Систематические исследования первично-осадочных пород начаты Ленгеолнерудтрестом Министерства промышленности строительных материалов СССР в 1937 г. и проводились в большинстве случаев с непосредственным участием А. М. Цехомского, являющегося основным автором настоящей работы. На протяжении многих лет он был не только исполнителем отдельных тем, но и ру-

ководителем коллективов геологов, изучавших эти породы в связи с решением геологических, методических и производственно-сырьевых задач. Во ВСЕГЕИ были составлены прогнозные карты месторождений кварцевых пород СССР. Анализ использованных данных и увязка карт для обширной и разнообразной по геологическому строению территории позволили проверить прежние выводы и обосновать новую концепцию о закономерностях формирования состава и распространения кварцевых пород.

С 1955 г. во ВСЕГЕИ изучением кварцевых пород занимался А. М. Цехомский с Д. И. Карстенс и Л. М. Петрунькиной, а с 1969 г. в исследованиях по кварцитам и пескам принимала участие И. А. Веселова.

На протяжении многих лет в изучении кварцевых пород принимали большое участие А. Н. Агеев, Н. В. Потулова, Т. И. Васильев, К. И. Фаткуллин, А. С. Запорожцева, Л. М. Куприянова, Л. А. Кравецкая, Р. И. Косая, А. А. Кузьмина, Н. А. Синявская и другие. Всем указанным лицам авторы приносят искреннюю благодарность. Большую помощь в работе авторам оказывали член-корреспондент АН СССР П. М. Татаринев, Г. И. Бушинский, В. А. Котлуков. С чувством особой признательности авторы вспоминают инициаторов постановки в широком масштабе работ по кварцевым породам в СССР академика Д. С. Белянкина, профессора А. С. Гинзбурга, академика Н. М. Страхова и члена-корреспондента АН СССР Н. Н. Качалова.

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ КВАРЦЕВЫХ ПЕСКОВ

Кварцевый песок — олигомиктовая осадочная порода, в обломочной части которой кварц составляет не менее 80%. Наиболее чистые пески, более чем на 90% состоящие из зерен кварца, называют мономинеральными, а пески с содержанием зерен кварца 80—90% и с небольшой примесью зерен полевых шпатов (<5%) — кварцево-полевошпатовыми. Кремнезем в мономинеральных песках составляет 95% и более. Пески служат исходным материалом при формировании песчаников и большинства кварцитов.

Обычными примесями в кварцевых песках, составляющими заметную часть их материала, являются, как уже отмечалось, полевые шпаты (до 10—15%), кремнь, слюды, реже карбонаты, глауконит, глинистые минералы, окислы железа. Прочие примеси, характерные в основном для других песчаных пород, если и присутствуют в кварцевых песках, то, как правило, в сумме не превышают 1—2%.

Английский петрограф П. Босуэлл приводил список из 111 минералов, установленных различными исследователями в обломочных породах. В. П. Батулин [3] увеличил их число до 115. При изучении кварцевых песков из различных районов СССР авторами было обнаружено около 60 минералов, причем в песках одного какого-либо района или горизонта их встречается обычно не более 20. Ниже перечислены минералы в порядке убывающей распространенности.

Легкие минералы ($\rho < 2,9$ г/см³): кварц, микроклин, ортоклаз, плагиоклазы (чаще кислые), мусковит, биотит (частично переходит во фракцию тяжелых минералов), глауконит, каолинит, гидрослюды, монтмориллонит, кальцит, редко хлорит, доломит, гипс, халцедон, опал, графит.

Тяжелые минералы ($\rho > 2,9$): группа рудных минералов (магнетит, ильменит, лимонит, гидрогематит, пирит, марказит, хромит и др.), турмалин, циркон, дистен, ставролит, силлиманит, рутил, гранат (обычно альмандин, уваровит, редко пироп), эпидот, биотит, роговые обманки, сфен, лейкоксен, апатит, актинолит, анатаз, брукит, гиперстен, диопсид, цоизит, андалузит, авгит, тремолит, целестин, сидерит, монацит, анкерит (?), корунд.

Перечисленные минералы — в основном компоненты изверженных и метаморфических пород — представляют собой аллотигенную часть песков. Меньшее число названных минералов является аутигенными.

Поскольку в настоящее время накоплено большое количество материала по первично-осадочным кварцевым породам территории СССР, это позволило установить некоторые общие закономерности их развития. Однако для выявления (и описания) особенностей вещественного состава кварцевых пород большинство ма-

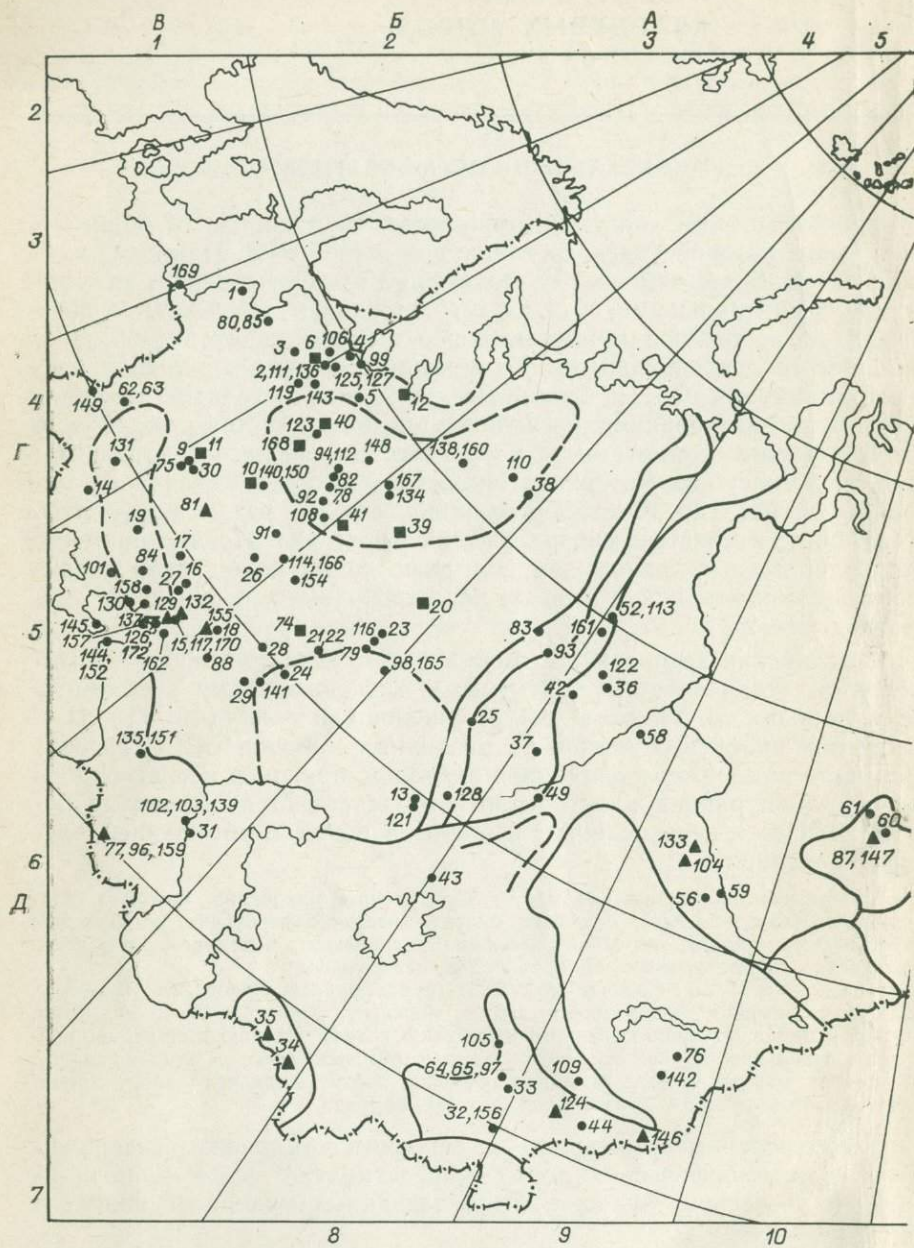
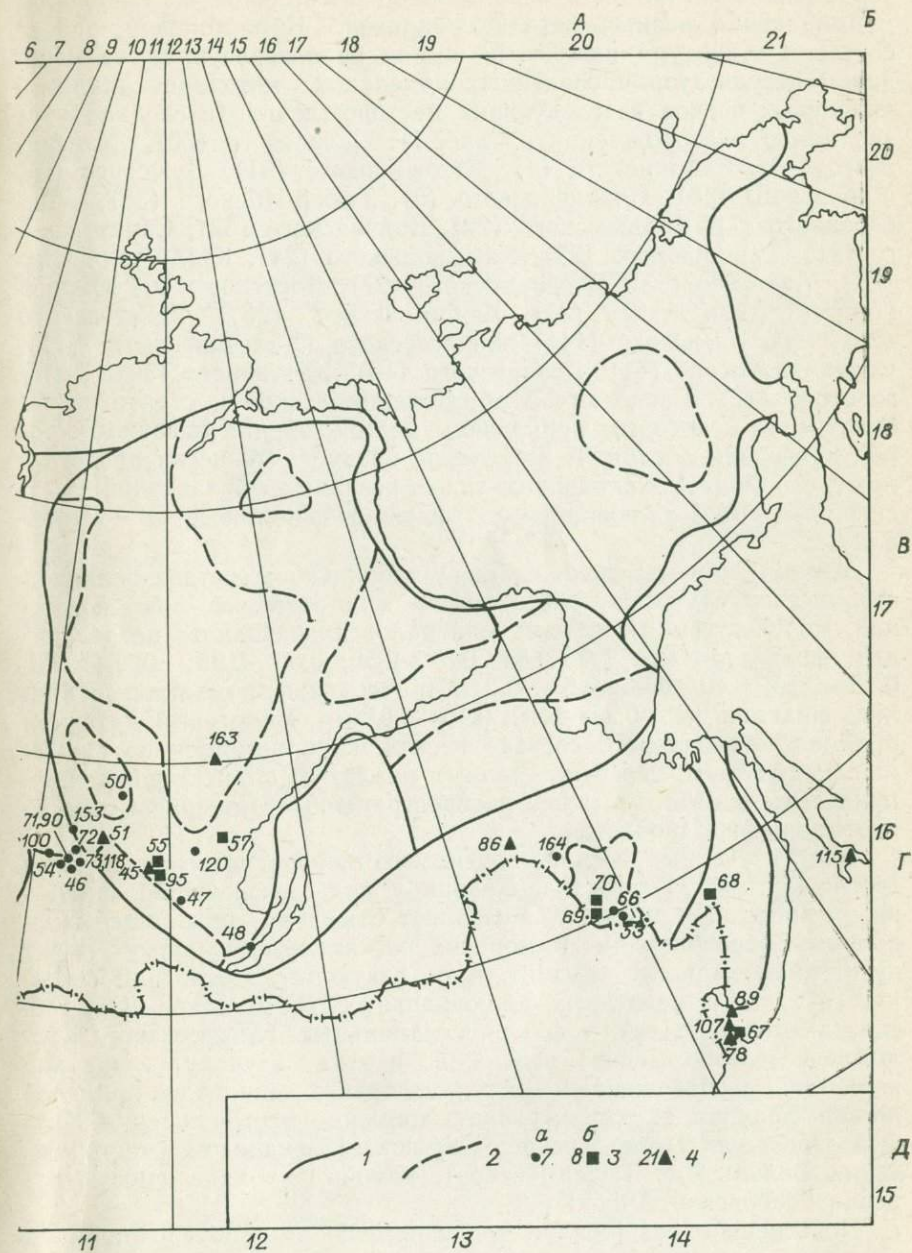


Рис. 1. Схема расположения месторождений кварцевых песков и песчаников
1-2 — границы структур: 1 — первого порядка, 2 — второго порядка; 3-4 — месторождения:



на территории СССР.

3 — песков (а — дочетвертичного возраста, б — четвертичного возраста), 4 — песчаников.

терналов не могло быть использовано по причине их неполноты и применения разных методик анализов. В настоящей работе состав и структура кварцевых песков характеризуются на основании результатов проведенных по единой методике анализов кварцевых песков из следующих месторождений (в скобках указан номер месторождения на рис. 1): Осянского (50), Харгинского (48), Саблинского (4), Дзержинского (51), Лужского (2), Фировского (40), Неболчинского (5), Тыбер-Ибского (38), Люберецкого (7), Курдюмского (22), Волчанского (52), Саратовского (21), Ташлинского (23), Камышинского (24), Кутлугузинского (25), Майского (33), Часовъярского (27), Лоевского (9), Южный Прогресс (53), Ачису (31), Любимовского (28), Бекетовского (29), Разгуляевского (141), Андреевского (Хальчинского) (11), Великодворского (41), Козловского (10), Катунского (39), Вытегорского (12). Сведения об образовании песков и стратиграфии отложений, к которым приурочены месторождения названных пород приведены в табл. 1, из которой следует, что пески представляют собой пять главнейших типов песчаных образований: морские, озерные, аллювиальные, флювиогляциальные и элювиальные.

Материалом для исследования минерального состава большинства песков служили пробы, взятые при разведке месторождений. Количественный подсчет минералов производился по различным фракциям, мм: 1,0—0,84; 0,84—0,50; 0,50—0,25; 0,25—0,15; 0,15—0,10; 0,10—0,05; 0,05—0,01. При сокращенном анализе брались фракции 0,25; 0,25—0,10; 0,10—0,01 мм. Пелитовый материал при подсчете валового состава песков не принимался во внимание. Результаты пересчета данных анализов по месторождениям приведены в табл. 2; менее распространенные минералы объединены в графе «Прочие».

Цвет изученных песков — преимущественно светло-серый или светло-желтый. Содержание кварца у подавляющего большинства их превышает 90%, что позволяет относить их к мономинеральным образованиям. В морских песках нередко присутствуют аутигенные кальцит, доломит, гипс, глауконит. Последний встречается также в некоторых аллювиальных (Гомельское, Бекетовское месторождения) и флювиогляциальных (Андреевское, Козловское месторождения) песках, но в этих случаях глауконит является переотложенным. В число прочих минералов-примесей легкой фракции входят мусковит, кремень (месторождения Южный Прогресс, Тыбер-Ибское, Катунское), халцедон (месторождения Волчанское, Тыбер-Ибское), комочки каолина (месторождения Глебовское, Ачису) и т. д.

Повышенное содержание тяжелой фракции обуславливается чаще обогащением песков аутигенными образованиями (месторождения Волчанское, Саблинское), реже — относительно высокой концентрацией аксессуарных обломочных минералов (Тыбер-Ибское месторождение). Из тяжелых аутигенных минералов в морских песках обычно присутствуют пирит, марказит, сидерит,

Таблица 1

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО МЕСТОРОЖДЕНИЯМ
КВАРЦЕВЫХ ПОРОД НА ТЕРРИТОРИИ СССР

Номер месторождения	Квадрат на карте	Месторождение или местонахождение	Возраст	Порода	Фаши осадконакопления
15	Г-5	Авдеевское	P_3-N_1	Пески	Морские
13	Г-7	Акбулаксай	K_1	"	Континентальные
55	В-11	Алзамайское	Q	"	Аллювиальные
14	Г-4	Александровское	N_2b	"	"
69	В-14	Река Амур у Благовещенска	Q_{IV}	"	"
68	Г-15	Река Амур у Хабаровска	Q_{IV}	"	"
11	В-5	Андреевское (Хальчинское)	Q_{III}	"	Флювиогляциальные
62	В-4	Аникщайское	P_3-N_1	"	Континентальные
63	"	"	Q_{III}	"	Аллювиальные
66	В-14	Антоновское I	P_3-N_1	"	"
77	Г-6	Арагатское	D_3-C_1	Песчаники	Морские
78	Г-15	Атласовское	T_3	Кварцито-видные песчаники	Континентальные
31	Г-6	Ачису	N_1	Пески	Морские
34	Д-7	Баба-Дурмазское	P_2	Песчаники	"
35	Д-7	Бахарден	P_3	"	"
19	Г-5	Байдаковский разрез	P_3-N_1	Пески	Речные и дельтовые
79	В-6	Балашейское	P_1	"	Морские
80	В-4	Бале	D_3	"	Зона чередования морских и континентальных условий
81	В-5	Банничское	P_3b^*	Песчаники	Морские
82	В-5	Бантышевское	P_3b	Пески	"
83	В-7	Басьяновское	K_2	"	Морские и континентальные
29	Г-6	Бекетовское	N_2e	"	Аллювиальные
84	Г-5	Березнеговатая	N_1s	"	Морские
85	В-4	Берзинское	D_3	"	Зона чередования морских и континентальных условий
86	В-14	Большеневверское	S_1	Кварциты	Морские
72	В-11	Борисовка	J_2	Пески	Делювиальные и пролювиальные
87	В-10	Гора Брусничная	PR_2	Силициты	Морские
88	Г-6	Варениковское	N_2	Пески	"
20	В-6	Васильевское	P_3-N_1	"	Речные и дельтовые
89	Г-15	Васиановское	T_3	Песчаники	Континентальные

* Здесь и далее имеется в виду бучакский ярус.

Продолжение табл. 1

Номер месторождения	Квадрат на карте	Месторождение или местонахождение	Возраст	Порода	Фации осадконакопления
41	В-6	Великодворское	Q _{III}	Пески	Флювиогляциальные (подморенные)
90	В-11	Верхнеагашульское	D ₃ -C ₁	"	Континентальные
67	Г-15	Владивосток	Q _{IV}	"	Морские
91	В-5	Воловское	K _{1a}	"	Континентальные
52	Б-8	Волчанское	K	"	Делювиальные и пролювиальные
92	В-5	Воскресенское	K ₁	"	Морские
93	В-7	Всесвятское	C ₁	"	Элювиальные
12	Б-5	Вытегорское	Q _{IV}	Пески	Озерные
30	В-5	Глебовское	P ₃ -N ₁	"	Аллювиально-озерные
94	В-5	Голиковское	K _{1a}	"	Аллювиальные
95	В-11	Грибановское	Q	"	"
16	Г-5	Гусаровское	P _{2b}	"	Морские
96	Г-6	Гюмушлинское	D ₃	Кварцитовидные песчаники	"
65	Г-8	Дарбазинское	P ₂	Пески	"
64	Г-8	Джилгинское	P ₂	"	"
51	В-11	Дзержинское	O ₃	Песчаники	"
97	Г-8	Дорткудук-Нураинское	K ₂	Пески	"
8	В-5	Егановское	J ₃	"	"
98	В-6	Ермаковское	J ₂	"	"
73	В-11	Жандатское	J ₂	"	Континентальные
145	Г-5	Заморское	N _{2k}	"	Морские
99	В-5	Захожское	Є ₂₊₃	"	"
36	В-8	Зернохранилище	P ₃	"	"
70	В-14	Река Зейя	Q _{IV}	"	Аллювиальные
100	В-11	Знаменское	J ₁₋₂	"	Континентальные
57	В-12	Игирминское	Q _{III}	"	Аллювиальные
60	В-10	Ижморское	K ₂ -P ₁	"	Континентальные
101	Г-5	Каирское	N _{1k}	"	Аллювиальные
59	В-9	Калканское	K ₂	"	Континентальные
24	Г-6	Камышинское	P ₁	Пески	Морские
102	Г-6	Капчугайское	N ₁	"	"
103	Г-6	Карабудахкентское	N ₁	"	"
104	В-9	Карагайское	P ₂₋₃	Песчаники	Морские и континентальные
105	Г-8	Карактауское	K ₂	Пески	Морские
56	В-9	Карасорское	P ₂	"	"
39	В-6	Катунское	Q _{III}	"	Флювиогляциальные (подморенные)
106	В-4	Кингисеппское	O ₁	"	Морские
107	Г-15	Кипарисовское	T ₃	Песчаники	Континентальные
37	В-8	Кичигинское	P ₃	Пески	Морские

Продолжение табл. 1

Номер месторождения	Квадрат на карте	Месторождение или местонахождение	Возраст	Порода	Фаши осадконакопления
108	В-5	Климовское	K_1	Пески	Морские
10	В-5	Козловское	Q_{III}	"	Флювиогляциальные (подморенные)
109	Г-9	Кок-Янбак	J_3	"	Континентальные
110	Б-6	Колодовское	J_2	"	Аллювиальные
42	В-8	Колюткинское	PZ_1	"	Элювиальные
111	В-4-5	Крупели	D_2	"	Зона чередования морских и континентальных условий
112	В-5	Куминовское	K_1	"	Морские
22	Б-6	Курдюмское	K_1	"	"
25	В-7	Кутлугузинское	P_{2+3}	"	Озерные
113	Б-8	Лангур	J	"	"
26	В-5	Латненское	K_1	"	Озерные и озерно-аллювиальные
114	В-5-6	Липецкое	K_1	"	Континентальные
115	Г-16	Лиственничное	$O-D$	Кварциты	Морские
116	В-6	Лобановское	P_1	Пески	"
9	В-5	Лоевское	P_3-N_1	"	Русловые образования
117	Г-5	Лозовское	P_3-N_1	"	Зона чередования морских и континентальных условий
2	В-4-5	Лужское	D_2	"	Дельтовые
7	В-5	Люберецкое	J_3	"	Морские
28	Г-В-6	Любимовское	N_2	"	Речные
118	В-11	Марьевское	J_2	"	"
33	Г-8	Майское	P_2	"	Морские
76	Г-9	Малай-Сары	K_2	"	Континентальные
54	В-11	Манинское	C_1	"	Морские
157	Г-5	Матвеево-Курганское	P_3	"	Аллювиальные
18	Г-6	Миллеровское	P_2b	"	Морские
119	В-4-5	Мишинское	D_3	"	Зона чередования морских и континентальных условий
120	В-12	Монастырское	O_2	"	Морские
46	В-11	Морозовское	D_3-C_1	"	"
121	Г-7	Мугоджарское	P_2	"	Континентальные
122	В-8	Мысовское	K_2	"	Морские
123	В-5	Мяги	Q	"	Отторженец в морене последнего оледенения
74	В-6	Нагишинское	Q	"	Речные
124	Г-9	Нарынское	J_3	Песчаники	Континентальные

Продолжение табл. 1

Номер месторождения	Квадрат на карте	Месторождение или местонахождение	Возраст	Порода	Фаши осадконакопления
5	В-5	Неболчинское	C_1	Пески	Дельтовые
45	В-11	Невельское, Шевченковское, Разгонское	D_3-C_1	Песчаники	Морские
125	В-5	Нестерковское	D_2	Пески	Зона чередования морских и континентальных условий
126	Г-5	Николаевское	N_{1k}	"	Морские
71	В-11	Никольское	J_2	"	Делювиальные и пролювиальные
127	В-5	Новинское	D_2	"	Зона чередования морских и континентальных условий
128	В-7	Новороссийское	K_1	"	Континентальные
17	Г-5	Новоселовское	P_3-N_1	"	Озерные и озерно-аллювиальные
129	Г-5	Ольгино, Благодатное	D_3	Песчаники кварцитовидные	Морские и континентальные
49	В-8	Опановское	P_3	Пески	Континентальные
130	Г-5	Ореховское	N_{1s}	"	Морские
131	Г-4	Осячное	N_{2b}	"	Континентальные
50	В-11	Осянское	PR_2	"	Морские (элювиальные)
132	Г-5	Очеретинское, Пантелеймоновское	P_3-N_1	Песчаники	Морские
133	В-9	Папанинское	P_{2+3}	То же	Морские и континентальные
134	В-6	Пахомьевское	K_{1a}	Пески	Морские
135	Г-6	Гора Песчаная	K_1	"	"
136	В-4-5	Печорское	D_3	"	Дельтовые
3	В-4	Пиуза	D_3	"	"
137	Г-5	Положское	P_3-N_1	Пески	Аллювиальные
138	Б-6	Прилуцкое	P_2	"	Континентальные
139	Г-6	Присулакское	N_1	"	Морские
140	В-5	Пыренское, Будское	C_1^{2-1}	"	Аллювиальные, возможно дельтовые
141	Г-6	Разгуляевское	N_{2e}	"	Континентальные
142	Г-9	Разъезд 64	K_2	"	"
143	В-5	Ретле	D_3	"	Зона чередования морских и континентальных условий
1	В-4	Рудбаржи	J_3	"	Озерные
4	В-5	Саблинское	ϵ_{2+3}	"	Морские
21	В-6	Саратовское	K_0km	"	"
144	Г-5	Сенновское	K	"	Континентальные

Продолжение табл. 1

Номер место-рождения	Квадрат на карте	Месторождение или местонахождение	Возраст	Порода	Фаши осадконакопления
146	Г-9	Согутинское	J_1	Песчаники	Морские
147	В-10	Сопка 248	PR_2	Силициты	"
148	В-5	Старокелецкое	C_1^{2-1}	Пески	Аллювиальные
149	Г-В-4	Старосельское	$N_1 t$	"	Морские
6	В-4	Струги-Красные	Q_{III}	"	Озерно-леднико-вые
150	В-5	Сукремльское	K_2	"	Морские
151	Г-6	Сыр-Тала	$K_1 a l$	"	"
152	Г-5	Таманское	N_2	"	Континентальные
153	В-11	Тамасукское	J_{1-2}	"	"
154	В-6	Тамбовское	$K_1 a l$	"	Морские
155	Г-5-6	Тарасовское	$P_2 b$	Песчаники	"
156	Д-8	Ташкутанское	K_1	Песчаники	Аллювиально-морские
23	В-6	Ташлинское	P_1	Пески	Морские
158	Г-5	Трудовское	P_3-N_1	"	Континентальные
61	В-10	Туганское	P_2	"	Морские
47	В-12	Тулуное	J_3	"	Озерные
58	В-8	Тумашевское	N_2	"	"
43	Г-7-8	Тусплюкское	P_2	"	Морские
38	Б-6	Тыбер-Ибское	J_2	"	Континентальные
159	Г-6	Урцское	D_3	Песчаники кварцитовидные	Морские
160	Б-6	Устьянско-Чад-ромское	P_2	Пески	Континентальные
40	В-5	Фировское	Q	"	Отторженец в морене последнего оледенения
161	В-8	Фроловское	K_2	"	Континентальные
14	В-5	Хальчинское (Андреевское)	Q_{III}	"	Флювиогляциальные
162	Г-5	Хапрвовское	$N_1 m$	"	Морские
156	Д-8	Харангонское	K_1	Песчаники	Аллювиально-морские
48	В-12	Харгинское	PR_2	Пески	Элювиальные
163	В-В-12	Хламанда	O_2	Песчаники	Морские
164	В-14	Чалганское	P_3-N_1	Пески	Континентальные
165	В-6-7	Чапаевское	J_3	"	Морские
27	Г-5	Часовьярское	P_3-N_1	"	"
166	В-5-6	Чириковское	$K_1 a$	"	Континентальные
167	В-6	Шалобайкинское	$K_1 a$	Пески	Морские
75	В-5	Шумаровское	Q	"	Речные
44	Г-9	Экибастузское	P_2	"	Элювиальные
53	Г-14	Южный Прогресс	N	"	Речные, включая дельтовые
168	В-5	Яйковское	Q	"	Гнезда кварцевых песков в морене
169	В-3-4	Янтарное	P_3-N_1	"	Континентальные
170	Г-5-6	Ясиноватая	P_3-N_1	Песчаники	Морские

Таблица 2

СРЕДНЕЕ СОДЕРЖАНИЕ МИНЕРАЛОВ, ВЕС. %, В МЕСТОРОЖДЕНИЯХ КВАРЦЕВЫХ ПЕСКОВ

Минерал	Место рождения												
	Саблинское	Лужское	Неболчинское	Фировское	Люберецкое	Курдомское	Саратовское	Ташлинское	Камышинское	Часовьярское	Гомельское (Лоевское)	Глебовское	Ачису
Легкая фракция													
Кварц	96,230	97,000	99,400	99,328	99,070	88,400	98,130	98,660	95,330	99,820	94,570	99,340	96,690
Полевые шпаты	0,570	0,650	0,240	0,253	0,500	8,900	1,500	0,040	2,200	0,050	1,940	0,000	1,850
Глауконит	0,210	—	—	—	—	2,100	—	0,100	1,700	—	3,050	0,010	0,690
Кальцит	1,250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,001	—	0,001
Слюда	0,008	0,340	—	0,003	0,300	—	—	—	—	—	Ед. зерна	—	—
Прочие	0,032	1,910	0,240	—	—	0,270	0,304	—	0,500	0,040	0,070	0,500	0,419
Итого	98,300	99,900	99,880	99,684	99,870	99,760	99,934	99,700	99,730	99,910	99,631	99,850	99,650
Тяжелая фракция													
Рудные минералы	0,158*	0,133	0,076	0,140	0,070	0,187	0,028	0,095	0,164	0,026	0,260	0,055	0,191
Турмалин	0,005	0,012	0,004	0,005	0,005	0,012	0,007	0,022	0,020	0,009	0,022	0,008	0,020
Ставролит	Ед. зерна	0,020	0,007	0,018	0,013	0,033	0,010	0,050	0,035	0,003	0,018	0,014	0,047
Дистен	То же	0,001	—	0,017	0,034	0,029	0,012	0,040	0,020	0,010	0,010	0,022	0,055
Силлиманит	"	0,001	—	—	0,001	0,010	0,002	0,040	0,012	0,032	0,010	0,006	—
Циркон	0,031	0,012	0,027	0,025	0,001	0,010	0,002	0,013	0,004	0,001	0,019	0,012	0,011
Гранат	0,001	0,001	—	Ед. зерна	—	0,008	—	0,008	—	0,001	0,013	—	0,008
Эпидот	Ед. зерна	—	0,002	То же	—	0,010	—	0,002	—	—	0,005	—	0,001
Рутил + анатаз	То же	0,003	0,003	0,003	0,002	0,010	0,003	0,008	0,012	0,003	0,005	0,012	0,012
Роговая обманка	0,003	—	0,001	0,001	—	0,001	—	0,001	—	—	0,001	0,001	0,004
Сидерит	0,245	Ед. зерна	—	Ед. зерна	—	—	—	—	—	—	—	—	Ед. зерна
Апатит	Ед. зерна	—	—	—	—	0,002	—	—	—	—	0,001	—	—
Слюды	0,001	0,017	—	0,007	0,001	0,002	—	—	—	—	Ед. зерна	—	—
Цоизит	Ед. зерна	—	Ед. зерна	—	Ед. зерна	—	—	—	—	—	—	—	Ед. зерна
Целестин	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	То же
Андалузит	Ед. зерна	—	—	—	Ед. зерна	зерна	—	—	0,001	—	Ед. зерна	—	—
Гиперстен	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Ед. зерна	—	—
Сфен	—	Ед. зерна	—	—	—	0,006	—	—	0,001	0,003	—	—	—
Актинолит	Ед. зерна	—	Ед. зерна	—	—	—	—	—	—	—	Ед. зерна	—	—
Диопсид	То же	—	То же	—	—	—	—	—	—	—	То же	—	—
Тремолит	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Углистые остатки	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	"	—	—
Прочие	1,255*	—	—	—	—	0,010	0,002	—	0,001	0,002	—	0,002	—
Итого	1,700	0,200	0,120	0,216	0,127	0,330	0,066	0,279	0,270	0,100	0,369	0,132	0,349

* В саблинских песках рудные минералы представлены главным образом пиритом, минералы легкой фракции (кремь и обломки).

а прочие — обломками раковин, состоящих из железистого фосфата; в гомельских — прочие

Минерал	Место рождения												
	Любимовское	Бекетовское	Великодворское	Козловское	Катуинское	Хальчинское	Вытегорское	Тыбер-Ибское	Южный Прогресс	Кутлугузинское	Ослянское	Жандатское	Марьевское
Легкая фракция													
Кварц	98,191	98,510	99,625	95,266	94,400	95,100	87,594	94,50	92,40	98,52	91,300	93,17	87,52
Полевые шпаты	1,590	1,204	0,277	4,520	4,030	3,300	11,054	2,70	0,05	0,50	7,605	5,56	8,69
Глауконит	0,002	0,132	0,010	0,070	—	1,400	—	—	—	0,12	—	—	—
Кальцит	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,16	—	—	—
Слюда	—	—	—	0,002	—	—	0,159	0,01	1,00	0,21	—	—	—
Прочие	0,005	—	—	—	1,310	—	0,388	0,60	7,49*	0,42	1,080	0,06	3,73
Итого	99,788	99,846	99,912	99,858	99,740	99,800	99,195	97,270	100,940	99,93	99,985	98,79	99,94
Тяжелая фракция													
Рудные минералы	0,093	0,083	0,052	0,110	0,060	0,076	0,402	0,29	0,024	0,031	0,009	1,160	0,048
Турмалин	0,015	0,009	0,003	0,006	0,024	0,018	0,024	0,05	0,02	0,017	0,0003	Ед. зерна	0,001
Ставролит	0,032	0,020	0,012	0,004	0,074	0,016	0,029	0,13	0,001	0,002	Ед. зерна	—	Ед. зерна
Дистен	0,016	0,020	0,014	Ед. зерна	0,060	0,013	0,006	0,34	—	—	—	—	То же
Силлиманит	0,017	0,010	0,001	То же	—	0,007	Ед. зерна	0,007	Ед. зерна	0,009	—	—	—
Циркон	0,018	0,005	0,002	0,002	0,006	0,007	0,008	0,007	0,005	0,004	0,001	0,020	0,007
Гранат	0,007	0,001	Ед. зерна	0,015	0,004	0,011	0,035	0,35	Ед. зерна	0,004	0,004	0,004	0,001
Эпидот	0,002	0,001	—	0,003	0,020	0,009	0,122	0,08	—	—	Ед. зерна	0,004	0,0011
Рутил + анатаз	0,008	0,003	0,002	Ед. зерна	0,006	0,007	0,002	0,02	Ед. зерна	0,010	0,0001	0,010	0,001
Роговая обманка	Ед. зерна	0,001	Ед. зерна	0,001	0,001	0,017	0,166	0,02	То же	0,002	Ед. зерна	0,001	Ед. зерна
Сидерит	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Апатит	—	—	Ед. зерна	—	—	0,004	—	—	—	—	—	0,010	Ед. зерна
Слюды	—	Ед. зерна	То же	—	—	0,013	0,002	—	—	—	—	—	—
Цоизит	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Целестин	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Андалузит	Ед. зерна	—	—	Ед. зерна	—	—	Ед. зерна	—	0,008	Ед. зерна	—	—	—
Гиперстен	—	—	—	То же	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Сфен	—	—	—	"	0,003	—	0,001	Ед. зерна	0,001	Ед. зерна	—	0,001	—
Актинолит	—	—	—	"	—	—	0,004	—	—	—	Ед. зерна	—	—
Диопсид	—	—	—	"	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Тремолит	—	Ед. зерна	—	—	—	—	—	—	—	—	Ед. зерна	—	—
Углистые остатки	—	—	—	—	—	—	0,004	—	—	—	—	—	Ед. зерна
Прочие	0,004	—	—	0,001	0,002	0,002	—	—	0,001	0,001	0,0006	—	—
Итого	0,212	0,153	0,086	0,142	0,260	0,200	0,805	1,940	0,060	0,080	0,015	1,210	0,059

гидроокислы железа; в аллювиальных и флювиогляциальных — преимущественно гидроокислы железа.

К группе устойчивых тяжелых минералов [3], присутствующих почти во всех кварцевых песках, независимо от возраста и географического положения, относятся турмалин и циркон. Содержание первого подвержено незначительным колебаниям, второго варьирует больше, несколько снижаясь в общем у молодых песков по сравнению с более древними.

Рутил имеется почти во всех песках, но содержание его менее постоянно, чем турмалина и циркона. Еще большим непостоянством из группы устойчивых минералов отличается гранат: от полного отсутствия до 0,30% * и выше. Следует отметить, что отнесение к устойчивым минералам всех разновидностей граната неправильно. Согласно специальным исследованиям В. Аллена [67], железистые гранаты неустойчивы в зоне выветривания; относительно стойкими являются кальциевые и магниевые гранаты. Относительно неустойчивости железистых и марганцовистых гранатов писали А. Г. Бетехтин и В. А. Махинин.

Из метаморфических минералов наиболее распространен дистен (так, из перечисленных в табл. 2 месторождений он отсутствует только в песках месторождений Неболчинского и Южный Прогресс); силлиманит не установлен в песках ряда месторождений Русской платформы и других районов; андалузит является еще более редким минералом.

Такие тяжелые минералы, как актинолит, роговая обманка, а также эпидот, преобладают в песках, относительно богатых полевыми шпатами и слюдой. Нередко в таких песках в значительных количествах присутствует и гранат. В качестве наиболее типичных можно назвать Вытегорское, Тыбер-Ибское, Козловское и Курдюмское месторождения. Однако имеются и исключения. Так, пески Саратовского и Камышинского месторождений богаты полевыми шпатами, но при этом они лишены эпидота, граната и роговой обманки.

Что же касается рудных минералов, то наиболее высокое их содержание характерно для песков различного генезиса (в том числе и морского), на состав которых большое влияние оказали позднейшие процессы зоны выветривания. В качестве примера можно привести морские пески Саблинского и Курдюмского месторождений, обогащенные пиритом и вторичными окислами железа. Из континентальных, характеризующихся значительным вторичным ожелезнением следует назвать пески Волчанского, Тыбер-Ибского, Гомельского месторождений. Минимальное содержание рудных минералов наиболее типично для аллювиальных и флювиогляциальных песков.

* Здесь и далее содержание минералов и компонентов дано в весовых процентах.

Если сравнить результаты исследования нескольких проб, взятых из одной залежи, то будет видно, что содержание терригенных минералов часто значительно варьирует, причем пределы изменений тем резче, чем меньше химическая устойчивость минералов. Максимальные колебания наблюдают обычно у аутигенных минералов, например у глауконита.

Кварцевые пески многих регионов содержат определенные ассоциации минеральных примесей, причем нередко они сохраняются при переходе от одного стратиграфического горизонта к другому. Так, на северо-западе Русской платформы пески Саблинского (средний—верхний кембрий), Лужского (средний девон), Неболчинского (нижний карбон) и Фировского (четвертичные месторождений характеризуются повышенным содержанием циркона, относительно небольшим — турмалина, дистена, рутила, почти полным отсутствием силлиманита, граната и роговой обманки. В олигоцен-миоценовых песках Гомельского и Глебовского, а также в четвертичных песках Андреевского месторождений (запад Русской платформы) отмечается относительно высокое содержание силлиманита, ставролита, рутила, дистена, постоянное присутствие граната, эпидота, роговой обманки. Существенно своеобразен минеральный состав примесей в неогеновых песках Ачису (Восточное Предкавказье), в палеогеновых песках Башкирии (Кутлугузинское месторождение), в меловых (Курдюмское, Саратовское месторождения) и палеогеновых песках Поволжья (Камышинское, Ташлинское месторождения), в неогеновых песках месторождения Южный Прогресс.

В литературе отмечается относительная бедность терригенными примесями пород, связанных с наиболее древними отложениями [3 и др.]. Из анализа имеющихся данных о геологическом строении толщ, содержащих кварцевые первично-осадочные породы, следует, что формирование их в истории Земли происходило периодически, совпадало с эпохами корообразования. Эти процессы контролировались главным образом тектоническими циклами. Что же касается различия общей мономинеральности рассматриваемых пород разных эпох, то оно зависело от эволюции процессов не только химического выветривания, но и рельефообразующих, а также от состава субстрата кор, изменения климата и участия в выветривании биоса. Немалое значение имели вторичные изменения исходного осадка. Ниже эти вопросы будут рассмотрены подробно. Здесь же отметим, что наиболее распространены и лучшее качество в смысле примесей к кварцу имеют третичные пески древних платформ. Следует добавить, что минеральный состав четвертичных песков почти повсеместно сложнее, чем песков, связанных с относительно древними толщами. Это объясняется в значительной степени влиянием горообразовательных процессов альпийского цикла и изменением климата на территории СССР.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛОВ ПО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИМ ФРАКЦИЯМ ПЕСКОВ

Изменения содержания и концентрации минералов в зависимости от размера фракций песков представляют существенный интерес для решения многих генетических и методических задач, а также для оценки обогащаемости песков при предполагаемом использовании их в промышленности.

Вопрос о связи минерального и гранулометрического состава рассматривается в посвященных петрографии обломочных пород работах следующих исследователей: В. П. Батурина [3], Л. В. Пустовалова и А. Д. Султанова [31], Л. Б. Рухина, М. К. Калинин, Н. В. Логвиненко, А. М. Цехомского [52], Н. М. Страхова [43], Е. Дана, У. Руби, И. Х. Мартенса, Р. Рассела, У. Крумбейна и Ф. Петиджона [72], К. Синдовского [78] и других. Большинство из указанных работ посвящено полимиктовым породам.

Изучение связи минерального и гранулометрического состава кварцевых песков было осуществлено в Ленгеолнерудтресте. Наиболее детально исследовались пески девяти месторождений: Саб-

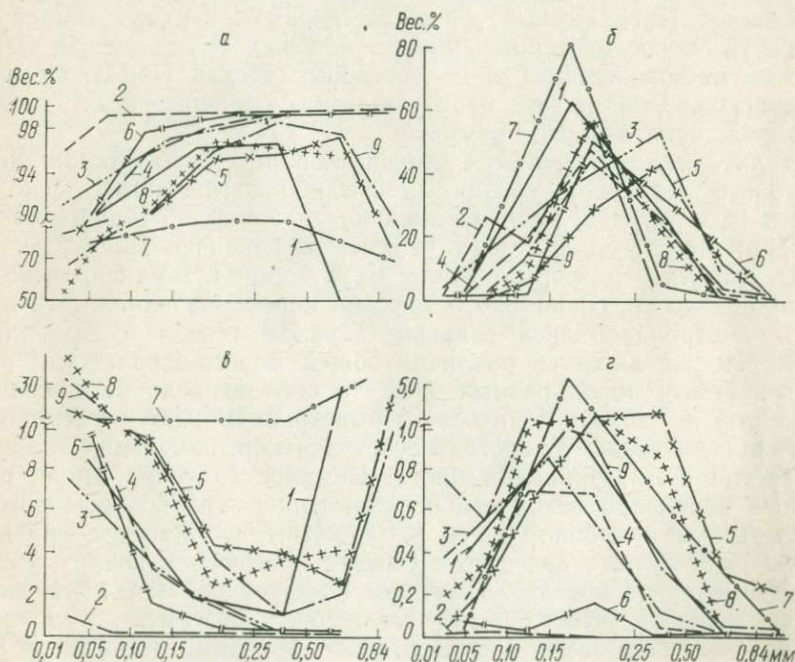


Рис. 2. Кривые распределения кварца и минеральных примесей легкой фракции в кварцевых песках различных месторождений.

a, в — содержание кварца и минеральных примесей (*a* — 50% состава песков); *б, г* — концентрация кварца и минеральных примесей. Месторождения: 1 — Саблинское, 2 — Фировское, 3 — Бекетовское, 4 — Любимовское, 5 — Козловское, 6 — Великодворское, 7 — Вытегорское, 8 — Ачису, 9 — Гомельское.

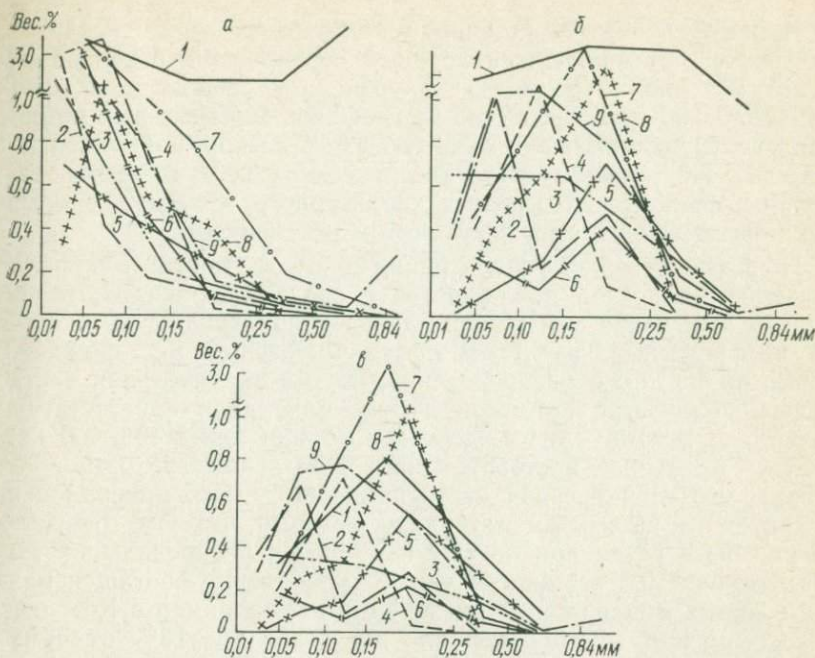


Рис. 3. Кривые распределения тяжелой фракции и группы рудных минералов в кварцевых песках различных месторождений.

a — изменение содержания тяжелой фракции; *б, в* — изменение концентрации тяжелой фракции и группы рудных минералов (все значения концентрации увеличены в 10 раз). Усл. обозначения см. на рис. 2.

линьского, Фировского, Бекетовского, Любимовского, Козловского, Великодворского, Лоевского, Вытегорского, Ачису (см. рис. 1 и табл. 1). По результатам исследований многих проб песков были подсчитаны средневзвешенные (в весовых процентах) содержания и концентрация минералов по восьми фракциям. Данные подсчета по пескам наиболее типичных месторождений использованы для построения графиков (рис. 2—3). Отметим, что под концентрацией понимается количество того или иного минерала в абсолютных процентах в каждой фракции с учетом содержания этой фракции в песках всего образца.

Как видно из рисунков, содержание и концентрация кварца существенно снижаются в направлении мелких фракций песка. По мере увеличения крупности материала содержание кварца или остается постоянным, что характерно для песков Фировского, Любимовского, Бекетовского, Великодворского месторождений, или также несколько снижается. Относительно низкое количество кварца в крупном материале типично для песков месторождений Саблинского, обогащенных аутигенными компонентами, и Вытегорского, характеризующихся значительным количеством зерен неразложившегося полевого шпата и обломков исходных пород.

Кривые концентрации кварца показывают, что в исследованных песках, отличающихся хорошей сортировкой, основное количество материала (до 80%) приурочено к фракциям 0,10—0,25 или 0,25—0,50 мм. Как видно из графиков минеральных примесей (см. рис. 2), составляющих легкую часть песков, наибольшее количество эти примеси достигают в мелких и, как исключение, крупных фракциях. Последнее характерно для песков, обогащенных полевыми шпатами, глауконитом и кальцитом.

Наиболее высокая концентрация примесей легких минералов у большинства песков наблюдается в средних фракциях, главным образом 0,15—0,25 мм; максимальная концентрация как исключение во фракции 0,05—0,1 мм (пески Фировского месторождения). Несмотря на такое распределение, весьма значительная часть от общего количества примесей легких минералов присутствует в материале мельче 0,1 мм, достигая 20 или даже 40% (Бекетовское и Гомельское месторождения). При этом необходимо иметь в виду, что значительная часть примесей легких минералов присутствует и в пелитовом материале, который, как уже отмечалось, не мог быть учтен при построении кривых распределения. Материал крупнее 0,5 мм иногда также существенно обогащен примесями легких минералов; концентрация их, например в Козловском и Вытегорском месторождениях, достигает 10—15% от суммарного количества.

Особый интерес для оценки обогащаемости песков, используемых для стекольного и металлургического производства, представляет распределение тяжелых минералов, в первую очередь рудных. За счет этих примесей пески содержат основное количество красителей и серы. Такие минералы, как циркон, корунд, являются нежелательными в песках, так как, медленно растворяясь в стекломассе, образуют «камни» в стекле и т. д.

График изменения суммарного содержания тяжелых минералов (рис. 3) показывает: максимальное количество их отмечается во фракции мельче 0,1 мм, причем на одном графике максимум приурочен к интервалу 0,1—0,05, других — лежит за пределами 0,05 мм. Только в песках с большим количеством аутигенных минералов (например, Саблинское месторождение) содержание тяжелых минералов как в мелких, так и в крупных фракциях примерно одинаковое.

Концентрация тяжелых минералов, так же как и легких, обратна их содержанию в размерных фракциях. В материале крупнее 0,5 мм обычно присутствует не более 10—15% тяжелых минералов. Основное количество их — от 10 до 70% — приурочено к фракции 0,25—0,1 мм; в алевритовом материале в отдельных случаях содержится до 50—70% тяжелых минералов.

Кривые концентрации рудных минералов, составляющих во всех песках преобладающую или, во всяком случае, очень значительную часть тяжелой фракции, показывают картину распределения, близкую к таковой тяжелых минералов.

Существует еще ряд особенностей распределения минеральных примесей в песках, зависящих как от физических свойств самих минералов, так и от крупности, степени сортировки материала и характера позднейших процессов, в частности выветривания. Имеющиеся данные позволяют сделать следующие выводы. Для большинства кварцевых песков сравнительно чистым в отношении минеральных примесей является материал с размером зерен 0,15—0,5 мм. Для более крупных фракций характерна повышенная концентрация обломков исходных пород, частиц аутигенных рудных минералов, а в отдельных случаях и полевых шпатов.

Наибольшее содержание обломочных, аутигенных тяжелых и легких минералов отмечается в алевритовой части кварцевых песков. Что же касается концентрации указанных примесей, то максимума она нередко достигает как в крупных алевритовых, так и в мелких песчаных фракциях. При этом наиболее устойчивые тяжелые обломочные минералы, такие как турмалин, эпидот и т. д., содержатся чаще во фракциях мелкого песка и крупного алеврита, а минералы, имеющие высокую плотность, но сравнительно хрупкие, например циркон, некоторые рудные, обогащают преимущественно мелкий алеврит.

Сказанное можно рассматривать как общую схему. Ей соответствует распределение минералов в среднезернистых однородных по гранулометрическому составу песках. В песках, образовавшихся из материала различной структуры и состава, поступавшего из нескольких источников, до их переработки в новых фациальных условиях обычно наблюдаются существенные отклонения от изложенной схемы. Кроме того, с увеличением общей крупности песков возрастает размер зерен и минералов-примесей. Значительные изменения могут быть связаны с послеседиментационными процессами, в результате которых пески нередко обогащаются аутигенными минералами или освобождаются от обломочных компонентов, не устойчивых к процессам выветривания.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕСЕЙ КВАРЦА ПЕСЧАНЫХ ПОРОД

Кварц — основной породообразующий минерал рассматриваемых пород. По Ф. Кларку, песчаники в среднем содержат 66,8, а мономинеральные кварцевые породы — до 99,0—99,5% кварца.

Теоретический состав кварца, %: Si — 46,72, O₂ — 53,28. Однако к такому составу приближаются только особо чистые, совершенно прозрачные разновидности кварца, обычно же он содержит то или иное количество примесей. Предложен ряд классификаций кварца обломочных пород: Г. Г. Леммлейна и В. С. Князева, К. Фолка, Ф. Петтиджона, П. Поттера, Р. Сивера [75], И. М. Симанович [39] и других. И. М. Симанович выделяет кварц шести типов: 1) метаморфических пород (сланцев, кварцитовидных песчаников); 2) древних гранитоидов; 3) молодых гранитоидов; 4) гидротермальных жил; 5) пегматитов; 6) кислых эффузивов.

Отличительными признаками для кварцев первого типа являются включения графита, силлиманита, дистена, гранита, сфена, реже биотита, циркона, рудных, умеренное и малое количество включений минералообразующей среды; второго и третьего, особенно для второго, типичны игольчатые включения рутила, присутствуют биотит, циркон, апатит, мусковит, рудные, эпидот, значительны включения минералообразующей среды, среди которых часты крупные газовые и многофазные. В кварцах гидротермальных жил и пегматитов отмечается наиболее высокая насыщенность крупными и разнообразными включениями минералообразующей среды. В кварце кислых эффузивов включения минералов, как правило, отсутствуют, для него характерны включения стекла и обычно только затвердевшие включения минералообразующей среды.

Помимо указанных признаков И. М. Симанович приводит для каждого генетического типа кварца основные структурные дефекты, определяемые оптическим путем.

Включения в кварце минералообразующих растворов изучали также Д. П. Григорьев, Н. П. Ермаков, А. И. Захарченко [16], Я. Н. Соколов и А. И. Захарченко, В. И. Бергер и А. А. Москалюк. Полученные данные показывают, что солевой состав водных вытяжек при обработке гидротермального кварца характеризуется наличием хлоридов и бикарбонатов натрия и кальция, в меньшем количестве калия, стронция и бария. Кроме того, всегда присутствуют ионы Cl^- и HCO_3^- , редко F^- и SO_4^{2-} . Для газовых включений кварца пегматитов, по мнению Н. П. Ермакова, типичны соляная и серная кислоты, двуокись углерода, вода, а также хлориды кремния и железа.

Главнейшими красителями кварца являются железо, марганец, хром, титан, никель, кобальт. И. И. Гинзбург и И. А. Рукавишников указывают, что некоторые слабоокрашенные образцы кварца

Таблица 3

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЖИЛЬНОГО КВАРЦА УРАЛА И
ЗАБАЙКАЛЬЯ (ПО И. С. КАЙНАРСКОМУ И М. С. ШВЕЦОВУ)

Компоненты	Месторождения			
	Надеждинское (Урал)	Билимбаевское (Урал)	Баженовское (Урал)	Белятинское (Забайкалье)
SiO ₂	97,68	99,12	99,80	98,26
Al ₂ O ₃	0,16	0,09	0,10	0,22
Fe ₂ O ₃	1,46	0,29	0,02	0,55
FeO	0,09	—	—	—
CaO	0,24	0,30	0,04	0,34
MgO	0,20	0,04	0,008	0,11
П. п. п.	0,20	0,34	0,015	0,33
Сумма	100,3	99,93	99,983	99,81

зоны выветривания содержат никеля до 0,53—0,68%; количество марганца в окрашенных образцах достигает 0,1—0,5, а окислов железа в сильноокрашенном кварце — 3,0%.

О содержании наиболее распространенных окислов в жильном кварце можно судить по данным, заимствованным из работ И. С. Кайнарского и М. С. Швецова [62], изучавших кварц в качестве сырья для динасового огнеупора (табл. 3).

Химический состав характерных образцов горного хрусталя из нескольких районов СССР приведен в табл. 4.

Содержание окислов железа в кварце из пегматитовых жил Карелии обычно варьирует от 0,01 до 0,05%. Более полные данные о составе жильного кварца приведены в статье А. М. Цехомского [53]. Так, в кварце из 15 месторождений, освобожденном от примеси других минералов и от пленки на поверхности его зерен, содержится 0,005—0,25% окиси железа.

Кварц является одним из наиболее стойких к выветриванию минералов, чем и объясняется его накопление в поверхностном слое в виде песков и терригенной части других осадочных пород. Однако в соответствующих условиях наблюдается довольно интенсивное растворение кварца, чаще всего под действием растворов с участием гидроокислов железа, марганца и алюминия, а также под влиянием глинистых и карбонатных минералов.

А. Г. Бетехтин это явление объяснил тем, что соединения указанных металлов и минералы адсорбируют ионы щелочей, способные при соприкосновении с кварцем давать растворимые кремнистые соединения. Результат этого процесса в виде корродированных зерен можно наблюдать в большинстве песков и песчаников. Особенно отчетливо эта картина видна в шлифах, приготовленных из песков, характеризующихся наличием глинистой и железистой пленки.

Таблица 4

УСРЕДНЕННЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ГОРНОГО ХРУСТАЛЯ
(ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АНАЛИЗОВ ХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ
ЛЕНИНГРАДСКОГО ФАРФОРОВОГО ЗАВОДА
им. М. В. ЛОМОНОСОВА)

Район	Содержание, %							
	SiO ₂	R ₂ O ₃	В том числе Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	R ₂ O	П.п.п.	Сумма
Памир	99,77	0,149	0,01	0,03	0,007	0,014	0,025	100,23
	99,32	0,33	0,05	0,13	0,07	0,02	0,13	100,05
Украина	99,93	0,04	0,004	0,008	0,004	0,014	0,01	100,01
	99,94	0,03	0,001	0,004	0,003	0,01	0,01	99,998
Урал	99,94	0,02	0,002	0,006	0,003	0,012	0,02	100,003
	99,80	0,06	0,004	0,03	0,016	0,011	0,08	100,001
"	99,46	0,24	0,037	0,08	0,05	0,017	0,15	100,34
"	99,94	0,03	0,001	0,005	0,003	0,011	0,01	100,000

С целью выяснения вопросов о распределении в зернах песков различных включений и влияния их на состав кварца нами были выполнены специальные исследования. Пески 15 различных месторождений были предварительно очищены от мелких фракций и тяжелых минералов путем многократной промывки и пропуска через магнитный сепаратор с интенсивностью рабочего поля до 16 кЭ. Затем пески обрабатывались 10%-ным раствором соляной и 15%-ным плавиковой кислот при температуре 80—85° С в течение 1 ч. В результате был получен кварцевый материал, лишенный пленки и свободный от видимых примесей. После этого под микроскопом подсчитывались зерна кварца; причем прозрачных, свободных от включений, имеющих видимые жидкие и газовые включения, а также включения железистого вещества. Результаты подсчета зерен кварца (средние по нескольким подсчетам) и определения содержания окислов железа в изучавшихся песках приведены в табл. 5.

В разных пробах песка из одного и того же месторождения обычно наблюдается довольно постоянное содержание зерен, как

Таблица 5

СХЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗЕРЕН КВАРЦА
И СОДЕРЖАНИЯ ОКИСЛОВ ЖЕЛЕЗА В КВАРЦЕ В ПЕСКАХ
НЕКОТОРЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СССР

Номер пробы	Месторождение	Количество зерен, %			Содержание Fe_2O_3 в кварце очищенных песков, %
		Без включений	С жидкими и газовыми включениями (без железистых)	С включениями железистого вещества	
1	Саблинское, песок красный	40,7	57,6	1,7	0,010
2	То же, песок желтый	31,2	67,4	1,4	0,008
3	Фировское	41,1	57,9	1,0	0,010
4	Глебовское, песок желтый	35,0	64,4	0,6	0,012
5	То же, песок бурый	43,1	55,7	0,2	0,005
6	Ачису	33,9	65,1	1,0	0,019
7	Любимовское, низ толщи	41,7	56,8	1,5	0,009
8	То же, верх толщи	37,1	61,9	1,0	0,010
9	То же, пески средней пробы	40,8	58,5	0,7	0,012
10	То же	39,1	59,4	1,5	0,013
11	Бекетовское	38,7	61,2	1,1	0,011
12	Великодворское	32,7	66,7	0,6	0,009
13	Кутлугузинское	38,8	59,5	1,7	0,010
14	Вытегорское	45,5	51,5	2,0	0,011
15	Разгуляевское	46,7	52,3	1,0	0,009
16	Волчанское	37,7	61,8	0,5	0,010
17	То же	40,5	59,5	Нет	0,006
18	Хальчинское, проба 1	29,6	69,4	1,0	0,013
19	То же, проба 2	35,1	63,9	1,0	0,011
20	Тыбер-Ибское	46,0	53,3	0,7	0,010

Таблица 6

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗНООБРАЗНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ И СОДЕРЖАНИЕ ОКИСЛОВ ЖЕЛЕЗА В КВАРЦЕ
РАЗЛИЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

Порода	Место взятия	Кварцевый материал до обработки кислотами и щелочами									
		Содержание Fe ₂ O ₃ , %	Содержание твердых минеральных включений, %								
			Полевой шпат	Биотит	Мусковит	Амфибол	Апатит	Циркон	Рутил	Сфен	Дистен
Метаморфические											
Гнейс	Карьер Рублево (валуны в морене)	0,175	2	5	0	0	22	3	32	3	0
Гнейс биотитовый	То же	1,375	0	6	0	0	0	0	0	0	36
Сланец слюдяной	"	0,850	12	28	0	40	2	16	0	0	0
То же	"	0,300	0	44	2	0	0	0	0	0	22
Гнейс роговообманковый	Алданский щит (массив архейских пород)	1,050	0	16	4	0	0	0	64	0	0
Гнейс биотитовый	То же	1,645	4	8	4	0	0	0	0	0	0
Гнейс роговообманковый гранитизированный	"	1,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Древние гранитоиды											
Гранит	Карьер Рублево (валуны в морене)	0,185	1	1	1	0	2	1	2	0	0
Гранит	Алданский щит (массив архейских гранитов)	1,180	2	34	0	0	8	8	42	0	0
Молодой гранитоид (гранит)	Приохотье (выход мезозойских гранитов)	0,450									
Жильный кварц											
Кварц из жилы в диафоритах	Алданский щит	0,700									
Кварц	Приохотье	0,110									
"	Юж. Верхоянье	0,190									
Кварц с молибденитом	Охотско-Кухтуйский массив	0,510									
Кварц с вольфрамитом	То же	0,840									
Кварц из жилы в диафоритах	Алданский щит	0,510									
Кварц	Индиگیرка	0,080									

Обнажения
коренных
выходов
фанерозойских
пород

Порода	Место взятия	Кварцевый материал до обработки кислотами и щелочами											Средняя плотность кварца, г/см ³	Содержание Fe ₂ O ₃ , %, после обработки кварцевого материала кислотами и щелочами	
		Содержание твердых минеральных включений, %						Частота встречаемости включений минералообразующей среды в кварце различного генезиса, %							
		Эпидот	Гранат	Графит	Рудный	Кальцит	Без включений	Жидкие	Газово-жидкие	Газовые	Многофазные	Без включений			
Метаморфические															
Гнейс	Карьер Рублево (валуны в море-не)	0	1	0	1	0	38	17	3	3	0	24	2,6480	0,002	
Гнейс биотитовый	То же	4	0	0	12	0	48	4	4	0	0	42	2,6461	0,002	
Сланец слюдяной	"	6	0	100	0	0	0	0	0	0	0	38	2,6472	0,015	
То же	"	8	12	0	4	0	38	14	46	36	0	24	2,6487	0,020	
Гнейс роговообманковый	Алданский щит (массив архейских пород)	0	0	0	4	0	28	8	8	0	0	28	2,6457	0,080	
Гнейс биотитовый	То же	0	0	0	0	6	72	36	32	4	0	28	2,6476	0,020	
Гнейс роговообманковый гранитизированный	"	0	0	0	0	12	80	40	52	0	0	24	2,6458	0,050	

Древние гранитоиды															
Гранит	Карьер Рублево (валуны в море-не)	0	0	0	3	0	90	91	88	81	0	6	2,6425	0,008	
"	Алданский щит (массив архейских гранитов)	0	0	0	2	0	32	26	44	12	34	4	2,6450	0,005	
Молодой гранитоид (гранит)	Приохотье (выход мезозойских гранитов)												2,6435	0,001	
Жильный кварц													2,6417	0,003	
Кварц из жилы в диафторитах	Алданский щит												2,6409	0,001	
Кварц	Приохотье												2,6385	0,001	
"	Юж. Верхоянье												2,6404	0,001	
Кварц с молибденитом	Охотско-Кухтуйский массив												2,6428	0,010	
Кварц с вольфрамитом	То же												2,6441	0,001	
Кварц из жилы в диафторитах	Алданский щит												2,6377	0,001	
Кварц	Индибирка														

Обнажения коренных выходов фанерозойских пород

чистых, так и имеющих газовые и жидкие включения. Количество песчинок со вторичными железистыми включениями меняется резко в песках как различных месторождений, так и взятых из одной залежи.

Содержание окислов железа (Fe_2O_3) непосредственно зависит от количества зерен, имеющих те или иные включения. Так, минимальное количество окислов железа (0,005 и 0,006%) наблюдается в песках проб 5 и 17, в которых более 40% зерен являются чистыми, в них полностью отсутствует кварц с включениями железистого вещества. Наоборот, наибольшее содержание Fe_2O_3 (0,019%) оказалось в пробах 6 и 18, где количество чистых зерен низкое и где сравнительно много включений железистого вещества.

Для выяснения железистости кварца различных горных пород был изучен материал, любезно переданный нам И. М. Симановичем. Им совместно с М. Я. Кацем исследовался кварц (фракции 0,20—0,25 мм) гнейсов, сланцев, гранитов и жильных образований; определялись структурные дефекты кварца, а также сростки и включения твердых минералов и минералообразующей среды. Детальное описание методики исследований приведено в работе [39].

В каждом образце кварцевого материала нами определялось содержание окислов железа (табл. 6), после чего материал обрабатывался по методике А. М. Цехомского. Кварцевый материал подвергался последовательно воздействию смеси NaF (85%) и HCl (15%) (концентрированной в течение 3 ч при $t=80^\circ\text{C}$); промыванию 10%-ным раствором NaOH и спиртом, затем высушивался, после чего вновь на него воздействовали в течение 3 ч 15%-ной HF , промывали спиртом, высушивали и определяли содержание окислов железа.

Проверка под микроскопом очищенного по этой методике материала показала, что в некоторых образцах сохранились приповерхностное загрязнение и свободные частицы посторонних минералов. Это явилось причиной повторения операции очистки кварца. Данные содержания окиси железа в окончательно обработанном материале приведены в табл. 6 (последняя графа справа).

Рассмотрение полученных результатов позволяет прийти к выводу, что железистость необработанного материала различных горных пород неодинакова и обусловлена главным образом разницей в количестве сростков и включений в зернах минералообразующей среды и других включений. Причем наиболее загрязненным является кварц метаморфических пород, менее загрязненными (по степени уменьшения) — кварц древних гранитоидов, затем молодых гранитоидов и жильный. В этом же ряду отмечается уменьшение и плотности материала, что отражает изменение его загрязненности (наиболее тяжелый — кварц метаморфических пород, где помимо сростков с тяжелыми минералами име-

ются включения биотита и рудных минералов; наиболее легкий — жильный кварц, в основном с газовыми включениями).

После обработки кислотами и щелочами наиболее чистыми в отношении окислов железа оказались зерна жильного кварца, менее чистыми — кварца молодых гранитоидов, далее — древних, а наименее чистыми — зерна кварца метаморфических пород.

Соединения железа в кварце присутствуют в различной форме и распределяются следующим образом.

1. Неокрашенный прозрачный кварц содержит (в пересчете на Fe_2O_3) не более 0,001—0,01% железа. Оно присутствует за счет невидимых даже при сильном увеличении сингенетических, главным образом твердых, в меньшей степени жидких и газообразных, включений. Возможно нахождение некоторой части железа в виде ионов, объясняющееся дефектами решетки самого кварца.

2. Мутный, часто совершенно непрозрачный кварц молочно-белого цвета, без желтого или бурого оттенка и без видимых включений железистого вещества, содержит обычно в 0,01—0,025% окислов железа. Помимо форм, указанных выше, железо присутствует здесь главным образом за счет жидких включений.

3. Кварц, имеющий общую желтую окраску, видимые отдельные минеральные включения, в том числе и вторичные эпигенетические железистого вещества, проникающего по трещинам внутрь зерен, в зависимости от их количества и интенсивности окраски может содержать до 2—3% и даже более окислов железа.

К сказанному следует добавить, что такие примеси, как щелочи и окислы щелочноземельных металлов, присутствуют, по-видимому, преимущественно в составе жидких и газовых включений.

Общая схема распределения соединений железа показана на рис. 4.

АУТИГЕННЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕРЕН ПЕСКА. ПЛЕНКИ, ИХ СОСТАВ И ТИПЫ

Одной из наиболее обычных форм нахождения аутигенных минералов в песках являются новообразования их на поверхности зерен — пленка. Строение пленки и концентрация вторичного вещества существенно влияют на многие физические свойства и на химический состав песков, определяя нередко пригодность их для тех или иных промышленных целей. Пленка образуется в различные периоды формирования песчаных отложений, отражая как условия накопления обломочного материала, так и характер постседиментационных процессов.

Первые упоминания о пленке на зернах кварца и о значении ее при использовании песков в стекловарении мы находим у Д. И. Менделеева. Затем сведения о присутствии вторичных образований на зернах песков появились в работах Г. Ю. Жуковского, И. В. Попова, И. Б. Шлайна. На наличие пленок в песках указывают Л. Кайе, И. Дашер и О. Ральстон [68]. Более подробно вопрос образования пленки рассматривает И. И. Гинзбург [11], но он касается только марганцево-железистой ее разновидности. А. Н. Соколовский на основании данных изучения почвенных процессов выделяет ряд разновидностей пленки. Результаты детальной исследования пленки на поверхности зерен нескольких типичных песков изложены в статье А. М. Цехомского [54]. Помимо указанных работ упоминания о пленке имеются и у дру-

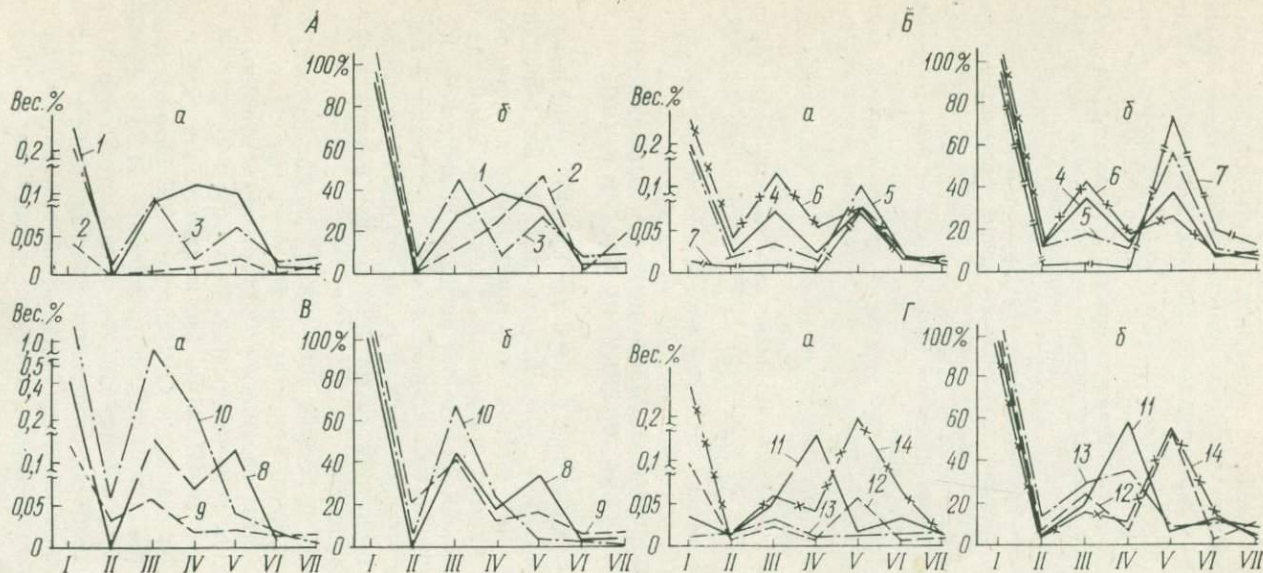


Рис. 4. Схема распределения окислов железа в кварцевых песках различных месторождений по данным специальных исследований.

A—Г — группы песков, сравнительно близких по распределению Fe_2O_3 ; а — концентрация Fe_2O_3 ; б — извлечение Fe_2O_3 , % от его общего количества в исходном песке.

I — исходный песок; II—IV — размер зерен, мм: II — $>0,84$, III — $<0,1$, IV — тяжелая фракция $-0,84 \div +0,1$; V — пленка на зернах крупностью $-0,84 \div +0,1$ мм с общим количеством Fe_2O_3 ; VI — минеральные примеси легкой фракции крупностью $-0,84 \div +0,1$ мм, не разлагающиеся в сильных кислотах; VII — кварцевый материал без примесей. Месторождения: 1 — Саблинское; 2 — Ташлинское; 3 — Ачису; 4 — Любимовское; 5 — Разгуляевское; 6 — Хальчинское; 7 — Великодворское; 8 — Лужское; 9 — Фировское; 10 — Волчанское; 11 — Тыбер-Ибское; 12 — Кутлугузинское; 13 — Глебовское; 14 — Вытегорское.

гих авторов, изучавших пески. Однако эти упоминания очень общи и часто ошибочны. Так, обычно пленку называют «железистой» или «состоящей из окислов железа», что в большинстве случаев неверно.

В последние годы пленка на зернах кварца нескольких разновидностей песков исследовалась В. Г. Огурцовым [25], а на поверхности рудных минералов — И. П. Богдановой и В. С. Федорченко. Наиболее полные исследования проводились А. М. Цехомским, Л. А. Кравецкой, Р. И. Косой и другими. Пленка изучалась как непосредственно на зернах песка, так и после отделения ее от песчинок.

Исследование песков с помощью микроскопа показало, что они содержат тот или иной процент зерен, имеющий на поверхности скопления вторичного вещества. Однако характер такого вещества, его распределение и взаимосвязь с зернами весьма разнообразны.

Окраска пленки различна не только в разных песках, но нередко даже и на одном зерне. Основные тона обычно — коричневый, желтый, красный и серый (в порошке), добавочные — наиболее часто оранжевый, золотистый и зеленый, редко фиолетовый. Имеющиеся данные позволяют считать, что основная роль в окраске принадлежит гидроокислам железа, придающим пленке красный и розовый (гематит и гидрогематит), а также желтый (гетит и гидрогетит) цвета. Зеленым оттенкам пленка обязана, возможно, хлориту.

Несомненно, большое значение в окраске пленки имеет органическое вещество, сообщающее ей серый, а при значительном содержании гумидных кислот — желтый и коричневый (бурый) цвета. Кроме того, значительную роль в окраске некоторых песков играют, по-видимому, марганец и комплексные соединения фосфора.

Различна пленка и по своей структуре. В одних случаях она состоит из плотного изотропного вещества, в других имеет отчетливо чешуйчатое строение и, как правило, анизотропна, в третьих — это рыхлая, хлопьевидная масса. В зависимости от распределения вторичного вещества и взаимосвязи его с зернами намечаются три основных типа пленки. Наиболее обычно, когда вторичное вещество концентрируется на гладкой поверхности выпуклых частей зерна, образуя с ним (в разрезе) ровную или слабоволнистую линию контакта. Такие концентрации обычно слабоокрашены, не имеют четких границ и представляются в виде неправильных пятен-примазок различной толщины: примерно 0,003—0,01, редко до 0,1 мм.

Для второго типа скоплений характерно размещение вторичного вещества в углублениях песчинок, созданных без участия этого вещества. Сюда могут быть отнесены мельчайшие прожилки, заполняющие еле заметные трещинки в зерне, или неправильные включения, располагающиеся в небольших полостях, образовавшихся в результате происшедшей коррозии или при рас-

паде агрегатов нескольких минералов. Для такого рода скоплений типичны также четкие контакты с зерном.

Последний тип скоплений отличается от предыдущих тем, что вторичное вещество концентрируется на корродированной поверхности зерен, причем участие этого вещества в разъедании зерна наблюдается совершенно отчетливо. В разрезе таких зерен отмечается неправильная, извилистая, часто неясная линия контакта с вторичным веществом. Последнее, проникая в глубь зерна, образует небольшие затеки, неправильные прожилки и гнезда. Отдельные песчинки почти на всю глубину оказываются пропитанными вторичным веществом. Для полевых шпатов, разрушающихся обычно быстрее кварца, типично проникновение вторичного вещества внутрь зерна по спайности.

Весьма обычным является совместное нахождение на зернах пленки, имеющей разную структуру и окраску. Различный характер пленок сказывается и на их взаимосвязи с песчинками. Нередки случаи, когда вторичное вещество одного типа дает с кварцем или полевым шпатом ясно разъеденные границы, в то время как контакт с тем же зерном вещества иной структуры и окраски показывает его полную нейтральность.

Складывается впечатление, что пески, зерна которых имеют пленку нескольких типов, являются преобладающими. К сказанному надо добавить, что наряду с зернами, частично покрытыми пленкой, почти во всех песках имеются зерна с гладкой или корродированной поверхностью, совершенно свободные от пленки, а также песчинки, полностью покрытые вторичным веществом. Структура и характер распределения пленки на песчинках в большой степени определяют ее механическую прочность. Распределение зерен, несущих на своей поверхности пленку, неравномерно. Более загрязненными являются обычно зерна средней и мелкой фракций.

Изучение вещества пленки после ее отделения от зерен песков показало, что оно находится в кристаллическом, аморфном и метастабильном состоянии. Количественное соотношение материала, имеющего ту или иную степень окристаллизованности, различно. Для многих песков характерно преимущественно коллоидное состояние вещества. В табл. 7 пленки исследованных песков распределены по группам и типам в зависимости от преобладающих в их составе минералов.

В. Г. Огурцовым [25] изучалось вещество пленки, препарированное путем обработки песков с помощью ультразвука. Полученный материал исследовался по схеме, близкой к изложенной в статье А. М. Цехомского [54]. Одним из интересных выводов по результатам проведенных В. Г. Огурцовым исследований является установление значительного содержания в пленках карбонатных минералов и большого влияния их на механическую прочность пленки. Это, по-видимому, особенно характерно для морских песков (Ташлинское месторождение), не испытавших послеседиментационных изменений. В процессе развития последних карбо-

Таблица 7

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ПЛЕНКИ ПЕСКОВ

Месторождение	Тип пленки	Минералы					Структура пленки	
		Каолинит	Гидрослюда	Мусковит (гидро- мусковит)	Хлорит	Гидро- окислы железа	Кристал- лическая	Неполно- кристал- лическая, аморфная
Силикатная пленка *								
Лужское	Каолинитовая	++++	—	—	—	++	++++	+
Любимовское, низ толщи	Гидрослюдистая	—	++++	—	—	++	Нет данных	
То же, верх толщи	„	—	+++++	—	—	+	То же	
Хальчинское	„	—	+++++	—	—	+	„	
Силикатная смешанная пленка *								
Фировское	Гидрослюдисто-каолинитовая	+++	+	—	—	++	+++	++
Глебовское, желтый песок	То же	++++	+	—	—	+	+	++++
То же, бурый песок	„	++++	+	—	—	+	+++	++
34 Великодворское	Каолинит-гидрослюдистая	+	++++	—	—	+	++++	+
Вытегорское	То же	+	++++	—	—	+	+++	++
Кутлугузинское	„	+	++++	—	—	+	Нет данных	
Разгуляевское	Хлорит-каолинит-гидрослюдистая	+	+++	—	+?	++	++	+++

Продолжение табл. 7

Месторождение	Тип пленки	Минералы					Структура пленки	
		Каолинит	Гидрослюда	Мусковит (гидро- мусковит)	Хлорит	Гидро- окислы железа	Кристал- лическая	Неполно- кристал- лическая, аморфная
Рудная железистая пленка *								
Саблинское, желтый песок	Гидрогетитовая	—	—	++	—	++++	+++	++
То же, красный песок	Гидрогематитовая	—	++	—	—	++++	Нет данных	
Егановское	Слюдисто-каолинит-гетитовый **							
То же	Слюдисто-каолинит-гетит-кальцитовый **							
Авдеевское	Иллит-каолинит-гетитовый **							
Апановское	Каолинит-гидрогетит-кальцитовый **							
Ташлинское	Монтмориллонит-ярозит-гидрогетит-кальцитовый **							
То же	Монтмориллонит-гидрогетит-кальцитовый **							
Тугановское	Каолинит-анатаз-рутиловый **							

* По данным А. М. Сехомского [54].

** По данным В. Г. Огурцова [25].

Примечание. Отсутствует —; присутствует в небольшом количестве +; значительная примесь ++; присутствует в большом количестве +++; преобладающее количество, %: до 60—80 ++++, более 80 +++++.

наты сравнительно легко растворяются и на свойства пленки влияет сочетание уже других минералов, обычно рудных и алюмосиликатных.

Предполагаемое В. Г. Огурцовым слоистое строение пленок, по нашему мнению, должно рассматриваться как частный случай, возможный для немногих песков, сформировавшихся в обстановке резкой смены среды их нахождения, при наличии карбонатных пород в районе.

Из результатов общего химического (табл. 8) и минерального анализов (см. табл. 7) следует, что главными компонентами вещества пленки всех исследованных песков являются кремнезем, глинозем и окись железа, остальные играют подчиненную роль. Характерно присутствие также значительного количества органических соединений. В некоторых пленках установлено повышенное содержание фосфора (Саблинское месторождение), титана (Ташлинское месторождение) и т. д.

Основные части кремнезема и глинозема связаны в алюмосиликаты типа каолинита, гидрослюд переменного состава, включая и гидромусковит, возможно хлорит. Судя по данным минерального анализа, в пленке некоторых песков, возможно, присутствует свободный гидрат окиси алюминия, вероятны и водные разности кремнезема.

Щелочи и окислы щелочноземельных металлов входят в состав минералов как алюмосиликатного комплекса, так и в виде самостоятельных минералов, в частности карбонатов. Железо составляет значительную часть вещества пленки (рис. 5), в отдельных случаях общее содержание окислов железа достигает 60—65, редко ниже 10%. Железо присутствует преимущественно в виде свободной гидроокиси, образуя гематит-гетит-гидрогематит-гидрогетитовый ряд. Возможны комплексные металлоорганические соединения.

Двуокись титана, содержание которой в отдельных пленках достигает 1%, большей частью образует самостоятельные минералы: рутил, лейкоксен, возможно, ильменит. Только в редких случаях значительное количество двуокиси титана связано с алюмосиликатами.

Минеральный состав пленки рассмотренных песков, конечно, не исчерпывает всех ее разновидностей. И. И. Гинзбург [11] описывал пленку, состоящую преимущественно из окиси марганца. Пленка из глинисто-гематитового вещества отмечалась Л. П. Галдобинной для протерозойских песчаников Южной Карелии. Л. Кайе указывает на наличие в песках некоторых районов глауконитовой и кальциево-фосфатной пленки. Известны пески, на поверхности зерен которых имеется пирит. В. Г. Огурцов [25] указывает на присутствие монтмориллонита в песках Ташлинского месторождения. Интересно отметить, что глинистые минералы содержатся в пленках даже на рудных зернах. Об этом писали И. П. Богданова и В. С. Федорченко.

Таблица 8

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЛЕНКИ ПЕСКОВ, %

Месторождение	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO ₂	P ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	П.п.п.	Сумма	Органиче- ские включения
---------------	------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----	------------------	-------------------------------	--------------------------------	-----	-----	------------------	-------------------	--------	-------	--------------------------------

Данные А. М. Цехомского

Лужское	40,01	26,24	20,10	—	0,68	0,66		0,40	0,32			11,23	99,64	0,46
Фировское	40,90	27,05	15,37		0,90	0,45		0,51	0,95			12,84	98,97	1,87
Глебовское, желтый песок	40,69	31,48	10,76		1,07	0,41		1,40	1,09			12,53	99,43	1,82
То же, бурый песок	42,64	32,31	11,08		0,94	0,16		0,20	0,55			11,52	99,40	0,63
Разгуляевское	37,77	22,07	22,35		0,52	0,97		0,80	1,35			12,52	98,35	—
Великодворское	46,24	25,16	10,85		0,67	0,27		0,43	1,48			13,03	98,14	1,25
Вытегорское	36,54	20,05	13,25		0,91	0,97		0,99	2,1			22,99	97,80	9,91
Любимовское, низ тол- щи	53,02	18,92	13,21		0,79	0,14		0,86	2,57			8,63	98,14	—
То же, верх толщи	58,12	18,30	8,46	0,79	0,74	0,15		1,55	2,39			7,43	97,93	—
Хальчинское	52,61	20,57	10,25	—	0,73	0,26		0,64	1,96			10,85	97,87	1,41
Кутлугузинское	48,25	25,07	10,76	—	0,80	0,23		0,22	1,69			11,07	98,09	—
Саблинское, красный песок	12,20	1,30	64,70	—	—	—		—	—			—	78,20	1,94
То же, желтый песок	19,43	5,20	57,84	—	0,17	0,48		0,28	0,67			14,15	98,22	2,02

Данные В. Г. Огурцова

Егановское	42,22	19,33	12,82	0,55	0,88	0,25	0,057	1,53	1,51	1,47	0,20	14,7	95,517	—
”	52,00	12,68	15,60	3,13	0,83	0,42	0,20	0,98	0,79	0,78	0,15	10,70	98,21	—
Опановское	51,40	13,57	14,88	2,29	0,73	0,35	0,16	0,85	0,66	1,34	0,27	11,7	98,20	—
Ташлинское	51,86	9,43	14,84	1,71	0,35	0,47	0,05	1,32	1,44	1,21	0,14	13,6	96,42	—
”	57,04	8,64	17,14	1,30	0,32	0,16	0,10	2,09	1,13	1,32	0,17	10,9	100,31	—
Авдеевское	51,60	19,73	7,45	0,27	0,99	0,05	0,024	1,48	1,75	1,80	0,25	13,5	98,894	—
Тугановское	83,24	7,73	0,14	0,74	3,2	0,04	0,11	0,30	0,17	0,40	0,07	3,30	99,44	—

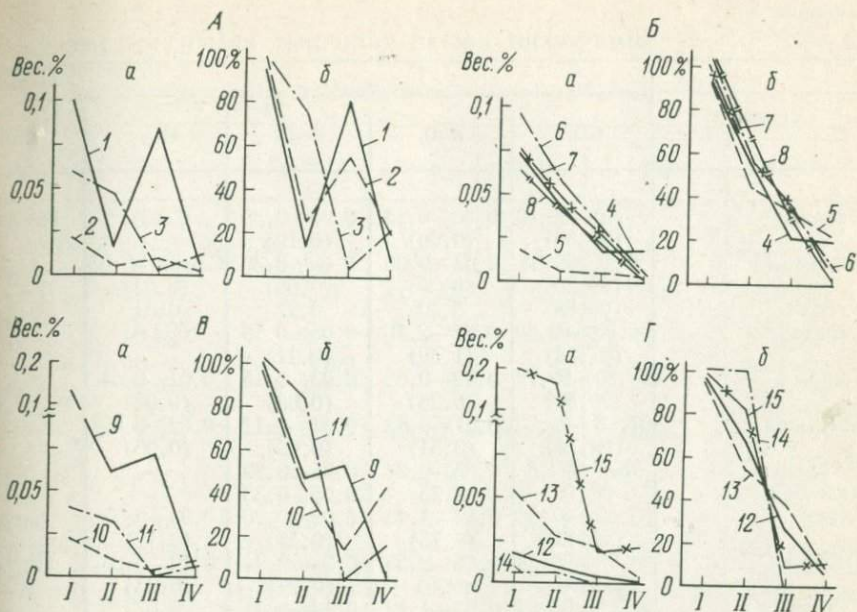


Рис. 5. Схема распределения окислов железа в пленке кварцевых песков различных месторождений по данным специальных исследований.

А—Г— группы песков, сравнительно близких по распределению Fe_2O_3 в пленке на их зернах: а—концентрация Fe_2O_3 ; б—извлечение Fe_2O_3 , % от его общего количества в пленке. Характеристика пленки крупностью — $0,84 \pm 0,1$ мм: I—общее количество Fe_2O_3 пленки; II—часть пленки, легко удаляемая механически (железо рудных и силикатных минералов); III—IV—часть пленки, механически прочная (III—железо рудных минералов, IV—то же, силикатных). Месторождения: 1—Саблинское; 2—Ташлинское; 3—Ачису; 4—Любимовское; 5—Бекетовское; 6—Разгуляевское; 7—Хальчинское; 8—Великодворское; 9—Лужское; 10—Фировское; 11—Волчанское; 12—Тыбер-Ибское; 13—Кутлугузинское; 14—Глебовское; 15—Вытегорское.

В песчаниках пленка облекает зерна обломочных минералов, что хорошо видно под микроскопом. Ее часто покрывает каемка регенерационного кварца. В этих случаях пленка представляется в виде полосы, состоящей из инородных минералов (глинистое, железистое, иногда карбонатное вещество) и включений минералообразующей среды [24 и др.].

ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА КВАРЦЕВЫХ ПЕСКОВ

О химическом составе кварцевых песков можно судить по данным табл. 9. Результаты более полных анализов и их авторы указаны в работах А. М. Цехомского, Д. И. Карстенс, Л. М. Петрунькиной [58—60].

Анализ цифр, приведенных в табл. 9, позволяет прийти к выводу, что во всех районах в кварцевых песках отмечаются высокое содержание кремнезема и относительно небольшая примесь других окислов. В мономинеральных разностях количество крем-

Таблица 9

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТИПИЧНЫХ КВАРЦЕВЫХ ПЕСКОВ НЕКОТОРЫХ РАЙОНОВ СССР

Содержание, %

(цифры в скобках — средние данные)

Район	Содержание, %					(цифры в скобках — средние данные)						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	CaO	MgO	R ₂ O	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	П.п.п.
Саблино	97,10—98,80 (98,30)	0,50—0,80 (0,60)	0,03—0,30 (0,10)	Следы	Не обн.	0,20—0,50 (0,32)	0,06—0,14 (0,08)	0,05—0,13 (0,08)	—	—	—	0,23—0,48 (0,31)
Люберцы	98,0—99,85 (99,25)	0,03—0,30 (0,20)	0,02—0,30 (0,05)	Следы—0,05 (0,02)	"	0,01—0,12 (0,04)	0,01—0,3 (0,02)	—	(0,04)	(0,06)	—	(0,21)
Курдюм	96,88	1,20	0,27	0,04	"	0,35	0,08	—	—	—	—	0,28
Саратов	96,20—98,60 (97,54)	0,77—2,76 (1,39)	0,05—0,19 (0,11)	Следы	"	0,10—0,24 (0,15)	0,01—0,24 (0,06)	0,34—0,60 (0,39)	—	—	—	0,34—0,45 (0,40)
Ташлы	98,80—99,77 (99,50)	0,09—0,65 (0,23)	0,03—0,15 (0,06)	0,01—0,04 (0,03)	"	0,02—0,10	Следы—0,2 (0,02)	—	(0,10)	(0,06)	(0,23)	0,02—0,52 (0,15)
Камышин	97,96—99,23 (98,74)	0,27—0,82 (0,51)	0,07—0,11 (0,09)	0,02—0,09 (0,06)	"	0,19—0,28 (0,25)	—	—	—	—	—	0,27—0,29 (0,28)
Гусаровка	96,9—97,6	0,65—0,84	0,35—0,89	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Авдеевка	98,70	0,75	0,05—0,33	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ачису	96,60—97,90 (97,48)	0,84—1,45 (1,15)	0,09—0,26 (0,15)	0,08—0,23 (0,12)	Следы	0,28—0,36 (0,31)	0,13—0,18 (0,15)	0,32—0,57 (0,45)	—	—	—	0,28—0,46 (0,31)
Тыбер-Иб	94,88—96,64 (96,04)	1,65—2,55 (2,0)	0,20—0,41 (0,29)	0,12—0,38 (0,24)	Не обн.	0,52—0,60 (0,58)	0,10—0,17 (0,13)	0,39—0,58 (0,49)	—	—	0,05—0,08 (0,07)	0,16—0,68 (0,36)
Рудбаржи	97,29—98,64	0,63—1,12	0,14—0,31	0,07	—	—	—	—	—	—	—	—
Новая	98,64	0,62	0,02—0,35	Следы—0,1	—	0,24	0,05	0,69	—	—	—	0,25
Водолага						0,24	0,08	0,36	—	—	—	0,31
Кутлугузино	94,08—93,97 (96,49)	0,26—1,63 (0,95)	0,02—1,10 (0,15)	Следы—0,20 (0,10)	Не обн.	0,01—0,50 (0,25)	0,02—0,33 (0,17)	0,11—0,48 (0,30)	—	—	—	0,15—1,28 (0,72)
Часов Яр	99,46	0,20	0,05	Следы	"	0,05	0,01	—	—	—	—	0,18
Вытегра	92,36—95,00 (93,9)	2,33—4,3 (3,5)	0,23—0,45 (0,35)	0,05—0,09 (0,07)	"	—	—	0,81—1,70 (1,54)	—	—	—	—
Луга	96,20—98,30 (97,73)	0,83—2,50 (1,60)	0,11—0,20 (0,16)	0,12—0,50 (0,21)	Не обн.	0,11—0,19 (0,14)	0,10—0,28 (0,12)	0,25—0,49 (0,32)	—	—	—	0,32—1,10 (0,47)
Фирово	98,88	0,38	0,06—0,15 (0,09)	0,05	"	0,11	0,14	0,09	—	—	—	0,29
Небодчи	98,51—99,50 (99,24)	0,16—0,76 (0,32)	0,04—0,21 (0,08)	(0,03)	"	0,03—0,20 (0,09)	0,02—0,05 (0,03)	0,05—0,11 (0,08)	(0,05)	(0,03)	—	0,14—0,31 (0,19)
Пырино	99,12—99,39 (99,26)	0,30—0,48 (0,36)	0,08—0,10 (0,09)	0,11—0,13 (0,12)	Следы	0,05—0,07 (0,06)	0,02—0,05 (0,04)	—	—	—	—	0,18—0,51 (0,26)
Манино	98,70—99,23 (99,01)	0,28—0,51 (0,43)	0,5—0,14 (0,09)	0,10—0,12 (0,11)	"	0,05—0,24 (0,14)	0,06—0,12 (0,06)	—	—	—	—	0,16—0,57 (0,31)
Лоев	99,11—99,70 (99,32)	0,18—0,26 (0,24)	0,05—0,08 (0,06)	Следы—0,34 (0,08)	Не обн.	0,15—0,29 (0,22)	0,05—0,16 (0,09)	0,10—0,21 (0,16)	—	—	—	0,11—0,28 (0,19)
Глебово	97,34—99,10 (98,73)	0,44—1,50 (0,82)	0,02—0,22 (0,07)	0,05—0,10 (0,07)	"	0,10	0,08	0,10	—	—	—	0,2
Любимовка	98,35	0,70	0,16—0,21 (0,18)	0,08	Следы	—	—	—	—	—	—	—
Бекетовка	98,20	0,99	0,065—0,12 (0,08)	0,09	Не обн.	0,15	0,1	0,19	—	—	—	0,23
Разгуляевка	96,46—97,80 (96,76)	1,77—2,02 (1,92)	0,16—0,20 (0,13)	0,20—0,21 (0,20)	"	0,20	0,13	0,19	0,12	0,07	—	0,18
Андреевка	95,78—98,30 (96,20)	0,74—1,85 (1,20)	0,17—0,35 (0,18)	—	—	0,18—0,20 (0,19)	0,11—0,14 (0,13)	0,32—0,41 (0,36)	—	—	—	0,34—0,48 (0,41)
Великодворье	97,26—98,18 (97,44)	0,57—1,10 (0,92)	0,05—0,30 (0,11)	0,03—0,05 (0,04)	0,12—0,50 (0,35)	—	—	—	—	—	—	—
Козловка	96,65—98,37 (96,98)	0,63—1,65 (1,39)	0,06—0,25 (0,19)	(0,06)	—	0,15—0,50 (0,24)	0,06—0,26 (0,14)	0,13—0,35 (0,21)	—	—	—	0,20—0,48 (0,30)
						0,06—0,41 (0,13)	0,02—0,13 (0,06)	(0,82)	—	—	—	0,36—0,45 (0,42)

незема достигает 99,0 и даже 99,9%. Глинозем в них варьирует от сотых долей процента до 2,5—3,5; окись кальция — от следов до 0,5—0,6, окись магния — от следов до 0,3—0,35, окись натрия — от 0,04 до 0,10—0,12, окись калия не превышает 0,06—0,10%.

В кварцево-полевошпатовых и полевошпатово-кварцевых песках отдельных залежей содержание кремнезема меняется от 73,0—80 до 95,0—98,0; глинозема — от 0,5 до 10,0—11,0, окиси титана — от следов до 0,46, окиси кальция — от следов до 1,71 (частично сцементированные пески и слабые песчаники содержат до 3,0—6,0% окиси кальция; окись магния обычно не превышает 0,5—0,6, содержание щелочей достигает 2,0—2,7%.

Особенно следует отметить большие колебания содержания окислов железа. Для песков, представленных в табл. 9, эти колебания составляют 0,02—2,10%. Содержание окиси железа меняется в песках отдельных месторождений, %: Кутлугузинского — от 0,02 до 1,10, Игирминского — от 0,08 до 2,08, Морозовского — от 0,07 до 0,69 и т. д. Столь существенные колебания обусловлены главным образом различным количеством аутигенных минералов, включая и составляющие пленку на зернах песков, что в большой степени определяется характером послеседиментационных процессов.

На основании детальных исследований песков многочисленных месторождений, включая и результаты специальных исследований, намечается следующая схема распределения соединений железа в песках:

а) в составе минералов алеврито-пелитовой размерности — от 10—15 до 65—70% от общего количества его в песках;

б) связанных с минералами и обломками горных пород крупной песчаной фракции (условно $>0,84$ мм) — обычно 5—20%;

в) в средней и мелкой фракциях песков ($-0,84+0,1$ мм) тяжелые минералы несут до 50% соединений железа, легкие минералы — примеси к кварцу — до 15, пленка на зернах кварца — 5—70, кварц без примесей — 0,5—20.

Железо, содержащееся в пленке, в свою очередь подразделяется на: 1) входящее в состав той части пленки, которая легко удаляется механическим путем; 2) переходящее в раствор при обработке песков щавелевой кислотой; 3) почти не удаляемое механическим путем, но переходящее в раствор под действием сильных кислот [54]. Распределение соединений железа по фракциям образцов отдельных типичных месторождений показано на рис. 6.

СТРУКТУРА КВАРЦЕВЫХ ПЕСКОВ

В понятие структуры песков, как известно, входит соотношение различных по крупности фракций минеральных частиц, составляющих пески: гранулометрический состав и форма частиц.

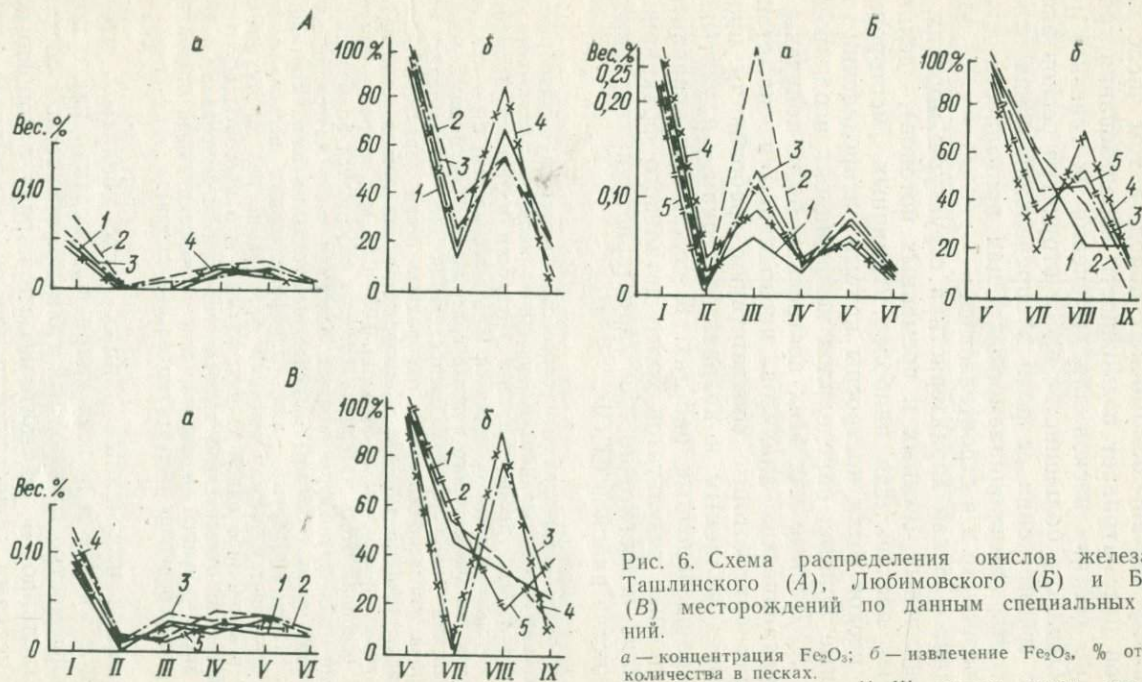


Рис. 6. Схема распределения окислов железа в песках Ташлинского (А), Любимовского (Б) и Бекетовского (В) месторождений по данным специальных исследований.

а — концентрация Fe_2O_3 ; б — извлечение Fe_2O_3 , % от его общего количества в песках.

I — исходный песок; II—IV — размер зерен, мм: II — $>0,84$.

III — $<0,1$, IV — тяжелая фракция $-0,84 \div +0,1$; V — пленка на зернах крупностью $-0,84 \div +0,1$ с общим количеством Fe_2O_3 ; VI — кварцевый материал с примесью в отдельных случаях легких алюмосиликатных минералов; VII—IX — Характеристика пленки: VII — часть пленки, легко удаляемая механически (железо рудных и силикатных минералов), VIII—IX — часть пленки, механически прочная (VIII — железорудных минералов, IX — то же, силикатных). 1—5 — номера проб.

Гранулометрический состав

Опубликовано значительное число работ, посвященных гранулометрическому составу обломочных пород, в том числе песков. Ряд авторов рассматривает возможность использования гранулометрического состава песков для выяснения их генезиса [3, 70, 71 и др.]. Однако в большинстве работ структура песков рассматривается с точки зрения ее роли в определении таких свойств, как пористость, газопроницаемость, общая пригодность для различных производств и в строительстве.

Ниже дана краткая характеристика структуры морских, озерных, аллювиальных (речных и временных потоков), дельтовых, элювиальных песков. Для наиболее типичных месторождений кварцевых песков были построены кривые распределения их и кумулятивные кривые, определялся коэффициент неоднородности материала K . Данные для этих построений были получены в результате механических анализов, проводившихся на стандартных наборах сит, которые соответствуют требованиям промышленности, предъявляемым к кварцевым пескам, и учитываются при поисково-разведочных работах. К сожалению, сравнительно немногочисленных результатов более детального фракционирования материала недостаточно для характеристики кварцевых песков большинства районов СССР.

Кривые строились общепринятым способом, описанным в ряде руководств по литологическим исследованиям. Коэффициент неоднородности определяется по формуле $K = d_{90}/d_{10}$, где d_{90} — предел крупности материала (диаметр частиц), мельче которого в песке содержится 90% массы зерен; d_{10} — предел крупности материала, мельче которого в песке содержится 10% массы зерен.

При выделении типов кривых распределения был использован принцип В. Н. Гончарова, согласно которому однородные пески характеризуются кривыми трех типов (первый тип для мелкофракционных песков, основная часть материала которых приурочена к фракции 0,05—0,25 мм; второй — для среднефракционных, основная часть материала которых содержится во фракции 0,25—0,5 мм; третий — для крупнофракционных, основная часть материала их находится во фракции крупнее 0,5 мм); а менее однородные и плохо сортированные пески — двух типов (четвертый — для равнофракционных песков, в которых материал распределяется между многими фракциями, без преимущественной концентрации в какой-либо одной из них; пятый — для многомодальных песков, которым свойственно относительно высокое содержание материала в нескольких, чаще в двух — крупной и мелкой, или краефракционный двумодальный состав — или в трех фракциях (или трехмодальный состав)).

На основании полученных данных легко убедиться, что распространенное мнение о песках кварцевого состава как о породе, имеющей повсеместно однородный гранулометрический состав, не вполне справедливо. В действительности наряду с хорошо сортированными песками существуют разности, относящиеся даже к одному генетическому типу, но взятые из различных районов, характеризующиеся весьма разнообразной сортировкой, вплоть до очень слабой. Рассмотрим особенности гранулометрического состава песков различных фациальных типов.

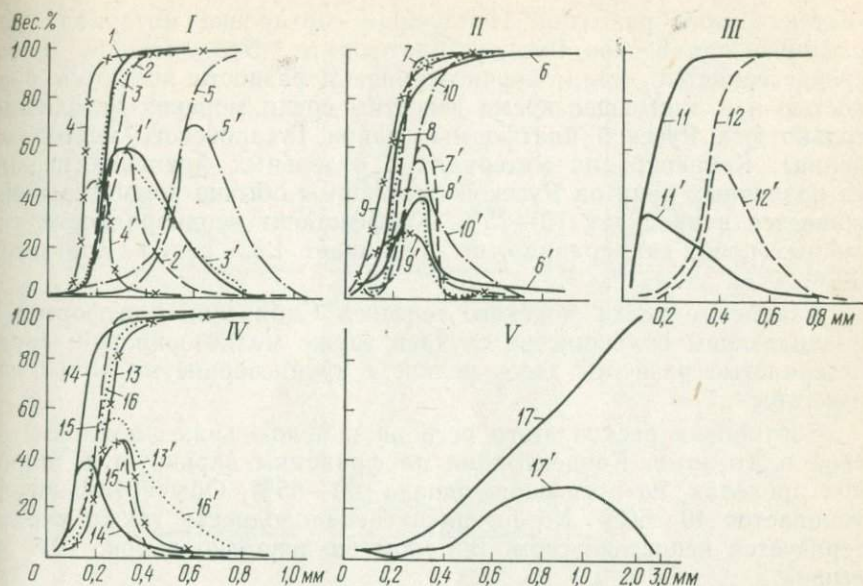


Рис. 7. Кумулятивные кривые гранулометрического состава и кривые распределения содержания фракций (пронумерованы цифрами со штрихом) кварцевых морских песков ряда месторождений.

I — Русская платформа: 1, 1' — Саблинское ($K=1,6$), 2, 2' — Люберецкое ($K=1,8$), 3, 3' — Ташлинское ($K=1,8$), 4, 4' — Авдеевское ($K=1,5$), 5, 5' — Гусаровское ($K=1,6$); 11 — Сибирская платформа: 6, 6' — Ослянское ($K=3,6$), 7, 7' — Дзержинское ($K=2,2$), 8, 8' — Морозовское ($K=1,8$), 9, 9' — Разгонское ($K=3,9$), 10, 10' — Облепихинское ($K=1,9$); III — Восточное Приуралье: 11, 11' — Зернохранилище ($K=4,4$), 12, 12' — Кичигинское ($K=1,9$); IV — Туранская плита, Тянь-Шань, Предкавказье: 13, 13' — Туспловское ($K=2,0$), 14, 14' — Дарбазинское ($K=2,6$), 15, 15' — Сулюктинское ($K=2,9$), 16, 16' — Ачису ($K=2,1$); V — область кайнозойской складчатости: 17, 17' — Амурский залив ($K=4,4$).

Морские пески. Исследовались песчаные месторождения Русской (Саблинское, Люберецкое, Ташлинское, Авдеевское, Ачису) и Сибирской платформ (Ослянское, Дзержинское, Морозовское, Разгонское); Восточного Приуралья (Кичигинское, Зернохранилище); Северного Приуралья (Туспловское); Северного Казахстана (Карасорское); Приташкентской впадины (Дарбазинское); Тянь-Шаня (Сулюктинское); Приморья (Амурского залива). Часть песков после седиментации подверглась интенсивному изменению, но структура их осталась близкой к первоначальной. По результатам анализов наиболее типичных песков построены кривые гранулометрического состава (рис. 7), показывающие в общем хорошую сортировку морских песков. Для большинства из них характерны высокая концентрация материала в трех смежных фракциях и относительное постоянство гранулометрического состава в пределах всей толщи. Кривые распределения морских песков в подавляющем большинстве случаев относятся к первому и второму типам.

Вместе с тем наблюдается существенное различие в составе морских песков, взятых из регионов, имеющих разную историю

тектонического развития. Наилучшая сортировка материала характерна для песков Русской платформы. Это — мелко-, реже среднезернистые пески; крупнозернистые разности являются редкостью и в настоящее время известны среди морских отложений только юга Русской платформы (район Гусаровского месторождения). Концентрация материала в отдельных фракциях песков из различных пунктов Русской платформы обычно хорошо выдерживается в пределах 70—75%. Коэффициент неоднородности типичных проб, как правило, не превышает 1,8, редко достигает 3—4.

Кварцевые пески морского генезиса Сибирской платформы в подавляющем большинстве случаев также мелкозернистые; среднезернистые разности здесь редки, а крупнозернистые почти неизвестны.

Сортировка песков этого региона в целом хуже, чем на Русской платформе. Концентрация по фракциям варьирует в широких пределах, не превышая, однако, 60—65%. Обычно она ограничивается 40—50%. Коэффициент неоднородности также характеризуется непостоянством. В целом он довольно высок: 6,5 и выше.

Сортировка материала кварцевых песков, развитых в регионах, имеющих иные геологические условия, как правило, уступает сортировке песков Русской, а во многих случаях и Сибирской платформ. Коэффициенты неоднородности песков таких регионов варьируют обычно от 2,5—2,7 до 14. Однако существуют исключения из этого правила. Например, пески Кичигинского месторождения, расположенного в Зауралье, имеют прекрасную сортировку; коэффициент неоднородности их варьирует в пределах 1,5—2,4 (обычно 1,6—1,7). Удовлетворительна сортировка песков некоторых месторождений эпигерцинской платформы азиатской части СССР (Карасорское, Тусплотское, Дарбазинское, Сулюктинское месторождения) и краевых прогибов, например Предкавказья (месторождение Ачису). Эти исключения подтверждают предположение о том, что исходный материал для песков этих районов поступал с соседних платформ.

Отметим, что кварцево-полевошпатовые пески, взятые в Амурском заливе (рис. 7), резко отличаются от морских песков платформ, что, видимо, характерно для песков области молодой, кайнозойской, складчатости.

Озерные и озерно-аллювиальные пески. Они детально изучались по пробам, отобраным на месторождениях в пределах Русской (Рудбаржи, Латненском, Кулугузинском, Новоселовском, Вытегорском) и Сибирской платформ (Тулунском), Западно-Сибирской плиты (Тумашевском). Степень их сортировки обычно приближается к морским пескам (рис. 8). Коэффициент неоднородности озерных песков Русской платформы редко превышает 3,0, снижаясь в отдельных случаях до 1,6 (Вытегорское месторождение).

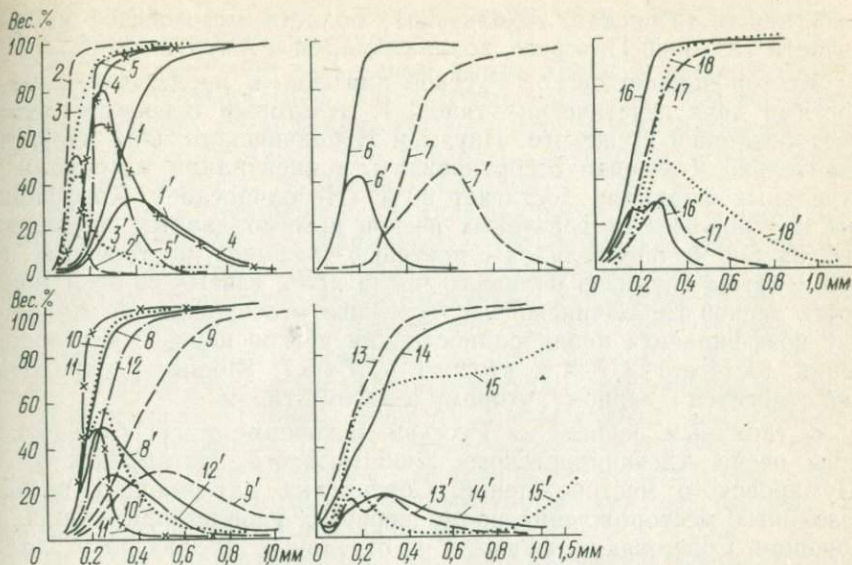


Рис. 8. Кумулятивные кривые гранулометрического состава и кривые распределения содержания фракций (пронумерованы цифрами со штрихом) озерных, аллювиальных и дельтовых песков ряда месторождений.

1-5 — озерные Русской платформы: 1, 1' — Рудбаржи ($K=3,0$), 2, 2' — Нововодолажское ($K=1,7$), 3, 3' — Латненское ($K=3,0$), 4, 4' — Кутлугузинское ($K=2,5$), 5, 5' — Вытегорское; 6-7 — Тулуное озерное Сибирской платформы: 6, 6' — проба 1 ($K=2,4$), 7, 7' — проба 2 ($K=3,3$); 8-15 — аллювиальные Русской платформы: 8, 8' — Любимовское ($K=2,6$), 9, 9' — Александровское ($K=3,5$), 10, 10' — Васильевское ($K=2,3$), 11, 11' — Нагишинское ($K=2,1$), 12, 12' — Шумаровское ($K=2,0$), 13, 13' — Байдаковский разрез, проба 1 ($K=1,0$), 14, 14' — то же, проба 2 ($K>10$), 15, 15' — Ведугинское ($K>10$); 16-18 — дельтовые Русской платформы: 16, 16' — Пиуза ($K=4,6$); 17, 17' — Лужское ($K=4,2$), 18, 18' — Неболчинское ($K=2,2$).

Кривые распределения этих песков в подавляющем большинстве случаев относятся к первому и второму типам классификации В. Н. Гончарова. Обращает на себя внимание высокая неоднородность песков таких месторождений Русской платформы, как Вытегорское и Кутлугузинское. Концентрация материала одинаковой крупности (в пределах одной фракции) достигает 80—85%. Это, несомненно, в значительной степени зависит от характера материала, поступавшего в озерные водоемы.

Если сравнить озерные пески Русской и Сибирской платформ, то можно отметить меньшую однородность последних. В пределах Западно-Сибирской плиты озерные пески по степени однородности часто не уступают морским (Тумашевское месторождение).

Речные пески (включая дельтовые). Они значительно развиты среди как древних, так и современных отложений. Для их характеристики использованы данные по месторождениям Русской (Лужское, Пиуза, Неболчинское, Ведуга, Байдаковский разрез, Васильевское) и Сибирской платформ (Балай, Марьевское, Жандатское, Алзамайское и Игирминское); Западно-Сибир-

ской плиты (Морская, Ломачевка); области мезозойской складчатости (Южный Прогресс, долина рек Зeya и Амур).

Месторождения песков Русской платформы представлены разностями двух генетических типов. К дельтовым относятся пески месторождений Лужского, Пиузы и Неболчинского. Они удовлетворительно и хорошо отсортированы, концентрация материала в отдельных фракциях достигает 90% (Неболчинское). Коэффициент неоднородности дельтовых песков помимо данных, приведенных на рис. 8, определялся с помощью графиков, построенных по результатам анализов большого числа проб, взятых со всей мощности песков Неболчинского и Лужского месторождений. Колебание коэффициента неоднородности для песков первого месторождения достигает 2,0—4,5, второго — 2,7—5,7. Кривые распределения относятся к первому, второму и пятому типам.

К типичным речным на Русской платформе могут быть отнесены пески Александровского, Любимовского, Нагишинского и Шумаровского месторождений. Сортировка материала у песков названных месторождений, кроме первого, удовлетворительная и хорошая. Содержание фракций в отдельных пробах 60 и даже 75%. Коэффициент неоднородности варьирует от 2,1 до 3,5. Кривые распределения рассматриваемых аллювиальных песков относятся преимущественно к первому и второму типам. Особое положение занимают пески балтской свиты Александровского месторождения; коэффициент неоднородности их достигает 12,8, что, однако, нельзя считать еще пределом. Резко меняется и содержание отдельных фракций. Главная причина неоднородности материала заключается в том, что он доставлялся реками из нескольких источников, существенно различающихся физико-географическими условиями, например из Подолии, с Украинского щита, из центральной зоны Русской платформы, возможно, с Карпат.

Для Сибирской платформы были использованы данные по нижнечетвертичным аллювиальным пескам долины р. Топорок, Алзайского и Игирминского месторождений, а также по юрским пескам месторождений Балай, Жандатского, Марьевского, отлажавшимся реками, стекавшими с южной оконечности Енисейского края и имевшими, по-видимому, непостоянный режим.

Сравнивая пески долины р. Топорок с аллювиальными большинства месторождений Русской платформы, видим, что они значительно уступают последним как в отношении однородности материала отдельных горизонтов, так и постоянства их состава по всему разрезу залежей. Коэффициент неоднородности, определявшийся для типичных проб песков Алзайского и Игирминского месторождений, равен 3,4 и 9,6 соответственно.

Пески месторождений Балай, Жандатского и Марьевского характеризуются еще более низкой степенью сортировки. В них присутствует непостоянное, но обычно значительное количество фракций крупной, вплоть до гравийной, размерности, алевроитового и пелитового материала. Коэффициент неоднородности их

во всех случаях выше 10. Кривые распределения относятся преимущественно к четвертому типу.

Для Западно-Сибирской плиты имеющимися данными охарактеризованы аллювиальные пески Ижморского и Ломачевского месторождений, расположенных на юге Чулымо-Енисейского района. Эти пески относятся к средне- и крупнозернистым; коэффициент неоднородности их равен 4,3—10,0.

Весьма плохо отсортированы аллювиальные пески области мезозойской складчатости, примером которых служат неогеновые пески Зейско-Бурейской впадины (месторождение Южный Прогресс) и четвертичные олигомиктовые из района крупнейших рек края — Амура и Зеи. Достаточно сказать, что содержание материала в отдельных фракциях не превышает 25—30%. Пески имеют сходный гранулометрический состав; коэффициент неоднородности их, как правило, выше 10; наблюдается значительное содержание гравийных частиц, нередко высокое глинистого материала. Кривые распределения у большинства песков этого региона относятся к четвертому и пятому типам; кривые второго и третьего типа являются исключением.

Флювиогляциальные пески. Известны пока только на Русской платформе: месторождения Великодворское, Катунское, Козловское. Во всех указанных случаях это — кварцевые пески, они слагают нижний горизонт четвертичного покрова и относятся к подморенным отложениям. Образовались эти пески за счет мезозойских и неоген-палеогеновых кварцевых песков платформы, размывавшихся потоками ледниковых вод, и полимиктового материала, принесенного ледником преимущественно из области Балтийского щита. Соотношение местного и поступавшего с севера материала определяет как минеральный, так и гранулометрический состав рассматриваемых флювиогляциальных песков.

Крупность и сортировка их непостоянны, но в отдельных горизонтах они представлены сравнительно однородными, преимущественно мелко-, реже средне- и крупнозернистыми разностями. Коэффициент неоднородности варьирует в широких пределах: для района Катунского месторождения, например, он колеблется от 1,7 до 13,0. Наиболее типичны значения коэффициента неоднородности 4—6. Кривые распределения этих песков относятся к разным типам, однако большую роль играют многомодальные кривые.

Дельювиальные и пролювиальные пески. Их гранулометрический состав весьма разнообразен, что в большой степени зависит от характера материнских пород. На рис. 9 приведены данные по пескам двух районов: южной оконечности Енисейского кряжа и Зауралья.

Дельювиальные пески месторождения Борисовка (рудник и шурф) накапливались в непосредственной близости от южной оконечности Енисейского кряжа. Последний сложен в этом месте древними гнейсами, пески образовались за счет их коры выветривания. Кривые распределения песков отчетливо показывают



Рис. 9. Кумулятивные кривые гранулометрического состава и кривые распределения содержания фракций (прономерованы цифрами со штрихом) кварцевых делювиальных, пролювиальных и элювиальных песков ряда месторождений.

1—2 — аллювиальные Сибирской платформы; 1, 1' — Борисовка (шурф; $K > 10$), 2, 2' — Борисовка (рудник; $K > 10$); 3—4 — пролювиальные Сибирской платформы; 3, 3' — Никольское ($K > 10$), 4, 4' — Прилуцкое ($K > 10$); 5, 5' — Волчанское пролювиальных песков, Зауралье ($K > 10$); 6—8 — элювиальные: 6, 6' — Колюткинское, Урал ($K=2,0$); 7, 7' — Харгинское, Прибайкалье ($K=9,4$), 8, 8' — Экибастузское, Центральный Казахстан ($K=4,5$).

большое количество крупных частиц и алевропелитового материала при резко пониженном содержании мелкой и средней песчаных фракций.

Пески Никольского и Новоприлуцкого месторождений расположены на значительно большем (до 3—10 км) расстоянии от юго-восточной части Енисейского кряжа, где разрушалась кора выветривания гнейсов. Они также плохо отсортированы. Мы относим их к пролювиальным. Аналогичен, по-видимому, генезис песков Волчанского месторождения, расположенного на восточном склоне Урала. Последние характеризуются большим содержанием алевропелитовых, крупных песчаных и гравийных фракций. В разрезе пески перемежаются с песчанистыми глинами.

Кривые распределения рассматриваемых пролювиальных песков относятся к четвертому и пятому типам. Коэффициент неоднородности во всех случаях превышает 10.

Элювиальные пески. Образуются в результате разрушения песчаников в районах выхода на поверхность древних метаморфических комплексов. В работе приведены данные о достаточно типичных элювиальных песках Урала (Колюткинское месторождение), Прибайкалья (Харгинское месторождение) и Центрального Казахстана (Экибастузское месторождение). Такие пески в большинстве случаев, но не всегда, содержат некоторое количество крупных обломков неразложившегося песчаника и сравнительно богаты алевропелитовыми частицами (рис. 9). Сор-

тировка песков бывает как слабой, так и удовлетворительной, а в отдельных случаях даже хорошей, что зависит от структуры исходных песчаников. Соответственно варьируют и коэффициенты неоднородности от 2,0—4,5 до 9,4. Кривые распределения обычно первого-второго, реже четвертого и пятого типов.

Форма зерен

На форму зерен в процессе формирования песков влияют химические и физико-механические факторы. Первые включают растворение минералов — их коррозию — и возникновение на поверхности зерен различных новообразований — пленок. Это было рассмотрено выше.

В результате действия физико-механических факторов происходит измельчение и окатывание частиц. Обзор литературы по данному вопросу приводится в работах Л. В. Пустовалова, И. А. Преображенского, У. Х. Твенхофела, В. П. Батурина [3], Ю. А. Билибина, М. К. Калинин, А. А. Кухаренко, И. М. Симанович [25] и других. Наиболее существенное влияние на форму зерен, как известно, оказывают силы, действующие в процессе транспортировки материала.

При переносе частицы раскалываются, царапают и шлифуют друг друга, становятся более окатанными, постепенно истираются и измельчаются. Особенно интенсивно происходит изменение формы и измельчение обломков при волочении; сравнительно быстро песчаные частицы истираются также в воздушной среде. Существует, однако, мнение, что при эоловой обработке помимо механического воздействия песчинки подвергаются и растворению [74]. На поверхности зерен песков, прошедших обработку в воздушной среде, образуется сеть параллельных микротрещин, соответствующая структуре кварца. Кремнезем зерен с такой поверхностью растворяется и переотлагается в виде аморфных корочек; это делает зерна округлыми.

Размер обломков во всех случаях имеет решающее значение. Истираемость их, а следовательно, и совершенство окатанности при прочих равных условиях убывают пропорционально диаметру обломков.

Зависимость формы частиц песка от их диаметра иллюстрирует рис. 10. Ф. Петтиджон [76] установил эту зависимость для песков оз. Эри и р. Миссисипи; У. Девис и У. Рис [69] описали зависимость между коэффициентом угловатости и диаметром зерен морских, эоловых и флювиогляциальных кварцевых песков. Свои данные эти исследователи получили с помощью метода, основанного на определении удельной поверхности фракции песка по воздухопроницаемости (рис. 10, б). Впервые этот метод был описан Робертсоном и Эмоди, которыми он применялся для исследования формовочных песков и песков для огнеупоров.

В наших условиях метод был проверен на ряде песков (работа выполнялась Р. Я. Гандшу). Коэффициент угловатости опре-

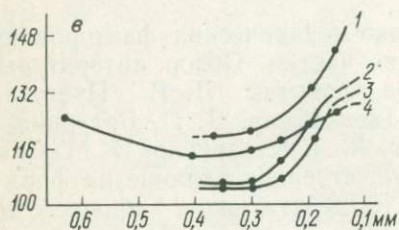
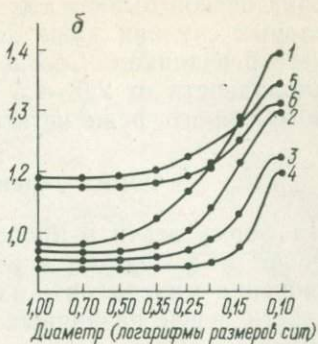
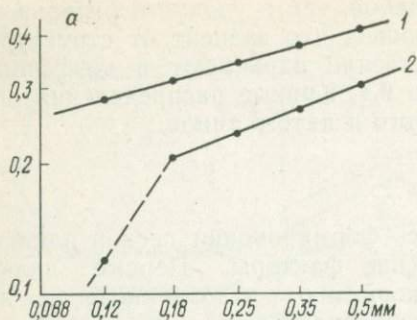


Рис. 10. Зависимость коэффициента угловатости зерен песка от их диаметра, по данным разных исследователей. а — данные Ф. Д. Петтиджона: 1 — прибрежные пески оз. Эри, 2 — речные, р. Миссисипи; б — данные У. Девиса и У. Риса: 1 — аллювиальные пески Лоевского месторождения, 2 — морские, 3 — 6 — флювиогляциальные; в — данные Р. Я. Гандшу: 1 — аллювиальные пески Лоевского месторождения, 2 — 3 — морские Саблинского месторождения, 4 — флювиогляциальные месторождения Струги-Красные.

делялся путем сравнения удельной поверхности зерен (по фракциям) с удельной поверхностью равновеликих гипотетических сфер и зерен дробленого кварца (рис. 10, в).

Кривые окатанности песчаных зерен представляют существенный интерес, так как помимо наглядного подтверждения общей зависимости формы частиц от их размера позволяют судить о некоторых особенностях распределения по фракциям зерен разной окатанности в песках различного генезиса. Если рис. 10, б позволяет видеть особенности распределения в морских, элювиальных и флювиогляциальных песках, то рис. 10, в характеризует в этом отношении морские, аллювиальные и озерные пески.

Имеющиеся данные по количественной оценке окатанности недостаточны для надежных выводов, но несомненно, что исследования в этом плане следует продолжать; помимо теоретического значения результаты их важны для установления качества песков как промышленного сырья. При качественной оценке структуры песков и песчаников можно исходить из визуального определения формы частиц, пользуясь установленной терминологией [3] и относя зерна к следующим группам:

- | | | |
|----------------|---|------------------------|
| Неокатанные | ┌ | Остроугольные |
| | └ | Угловатые |
| Полуокатанные | — | Округлые |
| Слабоокатанные | — | Округленные |
| Окатанные | — | Совершенно округленные |

Нами были сделаны микрофотографии песков, данные механического анализа которых использованы при построении графиков гранулометрического состава. Установлено, что наилучшая окатанность у морских и аллювиальных песков Русской платформы. В этом отношении особенно следует выделить кембрийские пески Саблинского месторождения и юрские Люберецкого. В них совершенно округленными являются зерна не только крупные и средние, но и мелкие частицы. Это дает основание предполагать, что в отдельные периоды своего развития указанные пески подвергались длительной эоловой переработке.

Аллювиальные пески в общем окатаны хуже, чем морские. Причем, как и у морских, значительно ниже окатанность аллювиальных песков складчатых областей по сравнению с таковой платформ. Кроме того, для многих аллювиальных песков характерна неравномерная окатанность зерен, обусловленная поступлением материала из разных источников и отсутствием условий для доведения всех зерен каждой фракции до одной степени окатанности. Так, аллювиальные пески Западно-Сибирской плиты и области мезозойской складчатости состоят из угловатых и остроугольных частиц в мелких фракциях, угловатых и округлых зерен — в средней и крупной фракциях.

По степени окатанности озерные и дельтовые пески занимают среднее положение между морскими и аллювиальными, приближаясь к первым или вторым в зависимости от местных условий; пролювиальные и делювиальные пески — последнее место среди кварцевых песков. Они состоят из остроугольных, угловатых и только в наиболее крупных фракциях из округлых зерен. В качестве примера можно назвать пески месторождений Волчанского (Зауралье), Борисовка, Никольского, Прилукского, Уярского (Центральная Сибирь).

Элювиальные кварцевые пески отличаются существенно своеобразной формой частиц. Она зависит от структуры исходных песчаников и от особенностей выветривания.

При выветривании песчаников наиболее легко разрушается цемент, но, по-видимому, в какой-то мере растворяется и обломочный кварц. Катаклазированные зерна легко распадаются на осколки различного размера. Нередко они состоят из округлых или неправильных, иногда остроугольных зерен и т. д. Во всех случаях наблюдается неровная поверхность последних, видимо обусловленная коррозией.

Анализ приведенных данных показывает, что многие особенности формы обломков и гранулометрического состава песков вызваны одними и теми же причинами. Помимо характера исходного материала ими являются условия переноса и отложения, включая динамику среды, длительность действия и постоянство этих условий. Немаловажное значение имеют позднейшие изменения песков. В целом их структура, так же как и минеральный состав, в том числе распределение полевых шпатов (рис. 11), в большой степени зависят от геологической обстановки района развития.

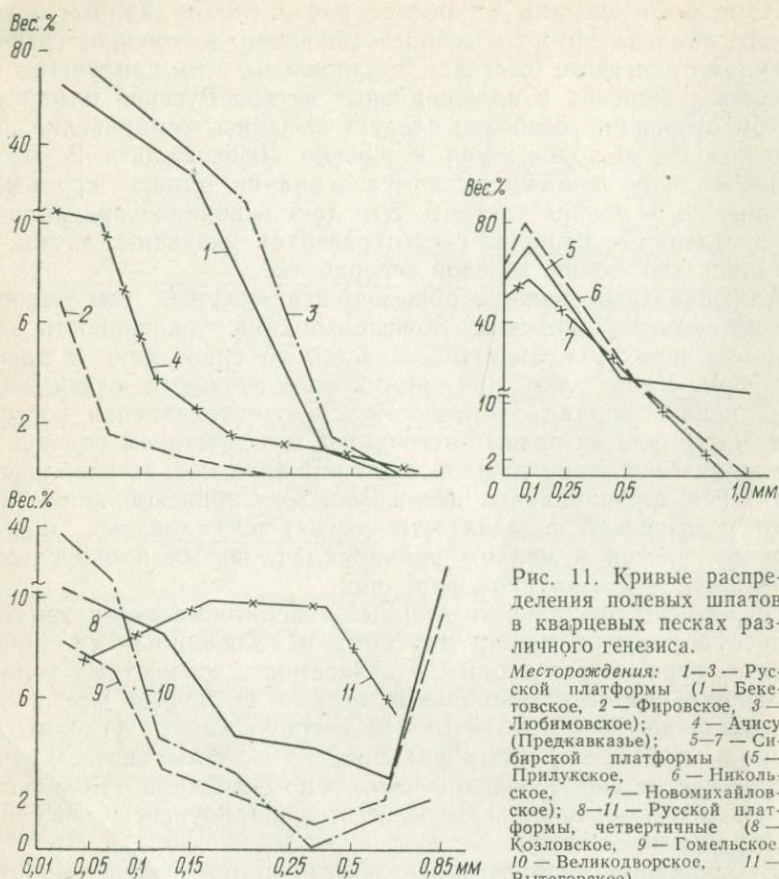


Рис. 11. Кривые распределения полевых шпатов в кварцевых песках различного генезиса.

Месторождения: 1-3 — Русской платформы (1 — Бекетовское, 2 — Фировское, 3 — Любимовское); 4 — Ачису (Предкавказье); 5-7 — Сибирской платформы (5 — Прилукское, 6 — Никольское, 7 — Новомихайловское); 8-11 — Русской платформы, четвертичные (8 — Козловское, 9 — Гомельское, 10 — Великодворское, 11 — Вытегорское).

Эта зависимость многофазна; она определяется тектоническим режимом территории, характером пород питающей провинции, особенностями транспортировки и отложения песков, а также условиями их дальнейшего развития.

СТРУКТУРА И СОСТАВ ПЕСЧАНИКОВ И КВАРЦИТОВ

Кварцевые пески под действием процесса литогенеза и метаморфизма превращаются в песчаники и кварциты. По основным петрографическим и механическим свойствам выделяют слабые песчаники, кварцитовидные песчаники (метапесчаники) и кварцит. Условия формирования этих пород будут рассмотрены далее. Здесь же мы коснемся только особенностей их структуры и вещественного состава.

Слабые песчаники типичны для фанерозоя, а также известны, хотя и редко, в докембрии. Главной особенностью этих песчаников является отчетливо различающаяся псаммитовая структура, кото-

рая в зависимости от расположения обломочных зерен и характера цемента подразделяется на пленочную, регенерационную, соприкосновения (конформно-регенерационная), редко поровую, как исключение базальную. Механическая прочность песчаников различна: от почти рыхлых песков (средний кембрий Русской платформы) до сравнительно крепких пород, с трудом раскалывающихся при ударе молотком (палеозойские песчаники Сибирской платформы).

Минеральный состав обломочной части песчаников зависит от особенностей состава материнских пород и минералов-примесей, сохранившихся при формировании материала. Цементом песчаников служат первичное и поступающее с подземными водами при преобразовании песков вещества. В большинстве случаев это глинистые минералы (чаще каолинит и гидрослюда), опал, халцедон, кварц, кальцит (реже сидерит и доломит), окислы железа. В слабых песчаниках часто присутствуют хлорит, глауконит, апатит, пирит и некоторые аутигенные минералы.

Кварцитовидные песчаники (метапесчаники) отличаются от описанных выше большей механической прочностью (до 1000 кгс/см^2 и выше). Структура их остается псаммитовой, преимущественно конформно-регенерационного типа, с участками начально-бластической. Кварц метапесчаников обычно сохраняет свои первичные особенности. Цементом метапесчаников служат силикатные минералы (главным образом халцедон и кварц, редко опал), а также хлорит, серицит, мусковит, пиррофиллит, альбит, лейкоксен, пирит; в наиболее измененных метапесчаниках могут присутствовать биотит, эпидот, альмандин, турмалин.

Кварциты представляют собой конечную стадию преобразования песков, происходящего в условиях интенсивных тектонических движений. Структура их обычно бластическая (полный и собирательный бластез), изредка отмечаются реликты псаммитовой структуры.

Кварциты обладают большой механической прочностью (до $1500\text{--}2000 \text{ кгс/см}^2$ и выше). Для них характерна потеря первичных особенностей, присущих кварцу материнских пород. Это касается структуры как кварца, так минеральных включений и включений минералообразующей среды. Из новообразованных минералов для кварцитов наиболее типичны мусковит, биотит, альмандин, кордиерит, силлиманит, магнетит, гранат, полевые шпаты, роговая обманка.

Метаморфизм не только изменяет структуру песчаных пород, но, возможно, делает чище и сам кварц. Однако, как указывает И. М. Симанович [39], процесс самоочищения прослеживается лишь до эпидот-амфиболитовой фации. На более высоких ступенях метаморфизма (амфиболитовая и гранулитовая фации) возникают новые типоморфные включения.

В заключение отметим, что структура и состав песчаников и кварцитов в большей степени зависят от седиментационных минеральных парагенезов исходных кварцевых песков, которые обыч-

Таблица 10

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МОНОЛИТНЫХ КВАРЦЕВЫХ ПЕРВИЧНО-

Номер месторождения	Месторождение или район	Порода	Возраст (время)
1	Кольский полуостров	Кварцит	Керетьское
2	Алданский щит	„	Курумканское
3	Украинский кристаллич. массив	„	Ингульское
4	Балтийский щит	Кварцитовидный чаник	пес-Сегозерское
5	То же	То же	Петрозаводское
6	„	„	Шокшинское
7	Украинский массив	Кварцит	Криворожское
8	То же	Кварцитовидный песчаник	Овручское
9	„	То же	Толкачевское
10	„	„	Валдайское
11	Урал	„	Зигальгинское
12	„	„	Шайтанское
13	„	„	Зильмердакское
14	Казахстан	Песчаник	Андреевское
15	Тянь-Шань	„	Макбальское
16	Восточные Саяны	„	Марнинское
17	Байкальская складчатая обл.	Кварцит	Приольхонское
18	То же	Кварцитовидный песчаник	Голоустенское
19	Забайкалье	То же	Итанцинское
20	Колымский массив	„	Спиридоновское
21	Сибирская платформа	Песчаник	Ордовикский период
22	То же	„	Байроновское

ОСАДОЧНЫХ ПОРОД

Содержание, %

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O
70,16	15,17	0,83	4,55	0,33	2,64	1,32	4,77	2,08
77,60— 96,20	0,40— 10,0	0,02— 4,40	0,20— 5,10	0,1— 0,50	0,07— 1,10	0,22— 3,20	0,04— 2,24	0,19— 4,70
80,64— 98,90	0,30— 8,20	0,10— 5,50	—	Следы— 0,13	—	—	—	—
97,03— 98,80	0,07— 1,60	0,14— 0,17	—	—	Следы— 0,18	—	—	—
86,40— 98,60	0,77— 9,20	0,05— 0,76	0,14— 0,36	0,02— 0,17	Следы— 1,01	Следы— 1,17	0,01— 2,38	0,16— 8,57
80,00— 98,05	0,45— 11,50	0,58— 8,76	—	0,09— 0,38	0,15— 2,71	0,54— 2,80	—	—
67,40— 88,40	5,63— 14,34	0,42— 4,21	—	—	—	—	—	—
89,80— 95,74	0,30— 4,48	0,37— 1,93	0,08— 3,15	Следы— 0,17	0,12— 0,84	0,02— 1,38	0,14— 1,54	—
87,15— 95,14	2,87— 7,83	Следы— 2,02	Следы— 0,24	0,11— 0,26	0,36— 0,73	—	0,25— 0,37	0,16— 0,87
71,77— 88,83	5,09— 13,33	0,07— 0,64	0,65— 4,49	0,11— 0,26	0,11— 0,36	0,16— 0,61	0,66— 3,85	2,71— 4,00
96,30— 97,65	0,33— 0,91	0,00— 0,99	—	0,05— 0,25	0,10— 0,35	0,00— 0,16	—	—
83,60— 99,80	0,09— 6,64	0,07— 5,32	—	—	Следы— 2,26	—	—	—
97,60— 99,24	0,22— 1,49	0,10— 0,34	—	—	0,03— 0,07	Следы— 0,17	—	—
95,54— 97,06 95,00	0,37— 1,44 1,30	0,65— 1,29 0,90	0,57	0,05— 0,22 —	0,41 0,30 0,70	0,14— 0,30 0,80	—	—
81,70— 88,02	4,14— 6,19	0,25— 7,44	2,84— 4,63	Следы— 0,42	0,23— 0,74	0,11— 0,62	—	—
89,0— 92,2	0,20— 3,80	0,2—3,9	—	—	0,10— 0,60	0,10— 0,70	—	—
85,08— 98,64	0,72— 7,12	0,12— 7,51	—	0,13— 0,48	0,04— 0,91	—	0,08	0,19— 0,80
98,40— 99,70	0,20— 0,45	0,01— 0,55	—	—	Следы— 0,11	Следы— 0,08	0,15— 0,22	0,09— 0,60
95,30— 98,70	0,07— 2,19	—	—	—	0,59	0,50	—	—
92,13— 96,06	2,07— 5,57	0,23— 0,17	—	—	0,46— 0,80	0,13—0,6	0,27— 1,14	0,03— 0,04
92,0— 98,0	1,0—4,0	0,06— 0,47	—	—	0,07— 0,30	До 0,34	0,17— 0,23	0,12— 1,16

но бедны примесями как обломочных, так и аутигенных минералов. Поэтому рассматриваемые в работе песчаные литифицированные и метаморфизованные породы сравнительно однообразны в отношении минеральных ассоциаций. Из новообразований основную роль играют силикаты и глинистые минералы, а также компоненты, возникающие за счет преобразованного вещества глинистых минералов. Наиболее обычна конформно-регенерационная структура песчаников. Весьма существенно меняется состав кварцевых осадочных пород в условиях амфиболитовой, а тем более гранулитовой фаций метаморфизма. Это зависит, видимо, от привноса вещества термальными водами.

В табл. 10 приведен химический состав монолитных кварцевых первично-осадочных пород, типичных для различных стратиграфических уровней основных районов СССР. Эти данные и результаты микроскопических исследований показывают, что монолитные породы отличаются по составу от песков большей неоднородностью за счет различного содержания примесей как обломочных, так и аутигенных минералов. Наибольшие колебания присущи составу архейских кварцитов (1—3) *, что объясняется, видимо, не только характером исходного материала, образующегося при выветривании магматических пород, но и значительными изменениями, связанными с гранитизацией при метаморфизме гранулитовой фации.

Протерозойские кварцитовидные песчаники (№ 4—20) характеризуются большим постоянством состава. В их формировании начиная с раннего протерозоя возрастающее значение имел материал более древних кварцевых пород, что с наибольшей очевидностью наблюдается при изучении рифейских песчаников, сложенных нередко округлыми зернами кварца, участвовавшими, видимо, в нескольких осадочных циклах. Особого внимания заслуживают песчаники итанцинской свиты, верхней толщи Черемшанского месторождения (№ 19), и песчаники приповерхностной части овручской серии (№ 8, 9). Они характеризуются повышенной однородностью и чистотой в отношении примесей глинозема, шпелечей, соединений железа, что связано с разложением неустойчивых минералов при выветривании верхнего горизонта толщи песчаников и удалением из них образующихся при этом продуктов. Сказанное о протерозойских песчаниках относится и к палеозойским.

* Здесь и далее в скобках даны номера месторождений из табл. 10.

II.

ГЕНЕЗИС КВАРЦЕВЫХ ПЕСКОВ, ПЕСЧАНИКОВ И КВАРЦИТОВ

ИСТОЧНИКИ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА КВАРЦЕВЫХ ПЕСЧАНЫХ ПОРОД

Вопросы генезиса кварцевых песков и превращения их в монолитные породы — песчаники и кварциты — до настоящего времени решены неполностью. Такое положение объясняется разнообразием обстановок образования исходного материала кварцевых песчаных пород, многостадийностью его преобразования и большим количеством типов этих пород.

Существует несколько точек зрения на генезис кварцевых песков. Во многих работах, особенно в написанных до 1950 г., все пески независимо от соотношения входящих в их состав минералов рассматривались как продукты физического разрушения горных пород и последующего избирательного истирания и дифференциации кластогенного материала. Роль химических процессов практически не учитывалась.

Такие высказывания можно найти у У. Х. Твенхофела, Л. В. Пустовалова, К. Н. Озерова, в некоторых работах В. П. Батурина [3] и Л. Б. Рухина, у многих специалистов по инженерной геологии и строительным материалам. Аналогичной точки зрения придерживаются авторы некоторых и более поздних работ, например Б. Я. Рамзес и Н. Н. Зубарев, В. А. Гроссгейм, Б. С. Лунев и другие. Л. Б. Рухин, например, допускал истирание неустойчивых минералов при длительной транспортировке материала. Вот что он писал, объясняя мономинеральность кварцевых песков: «Эти признаки могут быть приобретены, по-видимому, лишь в результате весьма длительной транспортировки и поэтому в современных реках, питающихся продуктами разрушения кристаллических пород, образоваться не могут» [1948 г.; с. 194].

Некоторые исследователи, признавая решающую роль химического выветривания, рассматривают олигомиктовые кварцевые пески как результат простой сортировки продуктов разложения исходных материнских пород и не принимают во внимание длительность процесса и значение последующего воздействия химических факторов на рыхлый обломочный материал [49 и др.].

В. П. Казаринов указывал, что «...при размыве областей с широким распространением структурного элювия кварцсодержащих пород (гранитов, песчаников и т. д.) в области осадконакопления поступают зерна кварца, кварцита и других устойчивых к выветриванию минералов и каолиновые глины, в которые превратились все неустойчивые минералы (полевые шпаты, амфиболы

и пр.)» [1958 г., с. 309]. Это, однако, частный случай возникновения кварцевых песков. Обычно формирование последних более сложно и охватывает несколько циклов осадконакопления.

Ряд исследователей, к которым относятся М. С. Швецов и А. Н. Соколовский, придерживается мнения, являющегося другой крайностью. Они считают, что мономинеральный кварцевый состав пески могут приобрести в результате только очень длительного развития, в течение многих геологических эпох, включающих длинный ряд циклов осадконакопления; только в этом случае, по их мнению, обломочный материал, приобретая, по выражению М. С. Швецова, «дряхлость», может стать мономинеральным. А. Н. Соколовский по этому вопросу писал: «Кварцевые пески представляют собой одну из конечных стадий выветривания первичных пород, для большей части земной поверхности завершившегося еще в докембрии» [1946 г., с. 203].

Не останавливаясь на рассмотрении всех положений, высказанных А. Н. Соколовским и вызывающих ряд возражений, отметим только, что столь большая длительность истории формирования песков справедлива только для отдельных районов, в частности для некоторых палеозойских песков Русской платформы, но совсем не типична для песков азиатской части СССР.

Очень часто генезис песков рассматривают исходя главным образом из условий их переноса и накопления, не учитывая особенности происхождения обломочного материала. При таком освещении вопроса не может быть полностью понята природа тех или иных песков.

Пожалуй, впервые сравнительно правильно общие положения генезиса кварцевых песков были сформулированы А. Н. Гейслером в 1935 г. [46]. По его мнению, особенности состава и залегания песков «являются следствием определенных условий образования первичного обломочного материала, его переноса до места отложения, сортировки и обработки во время переноса и при отложении, условий отложения и дальнейшей жизни в земной коре... физическое разрушение изверженных пород никогда не может дать чистого кварцевого песка; в нем всегда будет заметна примесь полевых шпатов и других минералов» [46, с. 168, 169]. Ведущая роль химического выветривания в образовании кварцевых песков доказывается в ряде работ А. М. Цехомского [53, 60] и Н. М. Страхова.

Г. И. Бушинский, А. Б. Ронов и другие, исследовав олигомиктовые кварцевые пески, также пришли к выводу, что решающим фактором их образования является химическое выветривание материнских пород.

Помимо указанных исследователей генезису кварцевых песков посвящены работы И. И. Гинзбурга и И. Ф. Геккера, Н. Б. Логвиненко, М. К. Калинин, А. Гаддингса, К. Хюттона, Ф. Петиджона [76], Р. Сейвера и П. Поттера [77] и других авторов,

Многочисленные факты, наблюдавшиеся нами в самых различных в геологическом отношении районах, позволили убедиться,

что химическое выветривание, несомненно, главный фактор генезиса кварцевых песков. Мономинеральные их разности образуются обычно в результате нескольких стадий выветривания, включая разложение исходных магматических или метаморфических пород и последующее выветривание рыхлого обломочного материала, происходящее часто также на ряде этапов развития песков. Только такое представление о генезисе дает возможность объяснить преимущественное распространение кварцевых песков на платформах, связь их с зонами теплого влажного климата, совместное нахождение с каолинами, огнеупорными глинами, нередко с бокситами и т. д., т. е. с образованиями, являющимися, так же как и кварцевые пески, дифференциатами кор химического выветривания.

Исходя из этой точки зрения можно отчасти объяснить приуроченность многих месторождений песков к угленосным толщам платформенного типа и т. д.

Что же касается роли относительно быстрого истирания механически неустойчивых минералов в обогащении песков кварцем при их транспортировке и осаждении, то этот вопрос остается дискуссионным прежде всего потому, что, как нам кажется, его решение трудно обосновать наблюдаемыми фактами. В изменении минерального состава природных песков всегда участвуют несколько факторов, а именно: нарушение режима движения среды, например водного потока на отдельных участках его течения; принос тем или иным путем нового материала; разделение частиц песка по крупности, сортировка по удельному весу и форме частиц, большее или меньшее влияние химических факторов; механическое дробление песчинок между галькой и более крупными обломками и т. д.

Однако имеющиеся данные изучения, например аллювиальных песков, взятых в различных местах течения рек Лабы и Урупа, Кумы, Волги [3], Сырдарьи, Амударьи, Миссисипи; морских песков из различных точек Атлантического побережья, древних аллювиальных песков Донбасса, не позволяют сделать вывод о закономерном уменьшении неустойчивых минералов вниз по течению или вдоль морского побережья, а тем более о выпадении их из состава песков.

Невозможность обосновать различную скорость истирания кварца по отношению к другим минералам в аллювиальной обстановке убедительно показана Н. М. Страховым [1954 г.]. Детально рассмотрев известные по литературе данные, он пришел к выводу, что активное перетирание минерального детрита даже на огромном расстоянии в реках не достигает цели и не производит сколько-нибудь заметного отбора минералов по их устойчивости. Это касается и эоловых условий.

М. П. Баскаков изучал в лаборатории относительную прочность кварца, микроклина, амфибола. Полученные результаты дали возможность расположить исследованные образцы в таком порядке, кгс/см²: кварц — 1; амфибол — 1,54; микроклин — 1,64.

Г. А. Тиль [80] исследовал истирание в движущейся воде зерен роговой обманки, апатита, кварца, граната, микроклина и турмалина. После 100 дней опыта масса зерен (дробленые минералы) размеров 2—1 мм сократилась: кварца на 24, граната на 42, микроклина приблизительно на 26, апатита на 84%. Примерно в такой же последовательности менялась и окатанность обломков.

А. Н. Спицын изучил изменения при переносе в водной среде трех минералов: лопарита, пирита, киновари. В результате он установил, что резкие изменения формы зерен материала и потери в массе имели место только во время начальной стадии движения, на отрезке до 35 км. При дальнейшей транспортировке (на расстоянии до 70 км) зерна изменялись очень мало. Эти исследования, так же как и работы Г. А. Тили, показали прямую связь изменения морфологии и размера частиц от плотности и твердости минералов.

Известно, что каждый минерал имеет наибольший критический размер обломков, меньше которого окатывание их в водной среде практически уже не происходит. А. А. Кухаренко применительно к условиям речного переноса приводит следующие критические размеры зерен, мм: для циркона, рутила, магнетита и других минералов (плотность которых 4—5 г/см³) 0,5—0,07; для апатита, турмалина, пироксена, амфиболов, эпидота (более легкие минералы) 0,12—0,15; для кварца и близких к нему по плотности других легких минералов — 0,20—0,25. По данным Л. Б. Рухина, критический размер зерен кварца при транспортировке в эоловых условиях равен 0,10—0,15 мм.

А. В. Сидоренко [37] показал, что при перевеивании из песков частично выносятся карбонаты, гипс, по-видимому, глинистые и другие минералы, сосредоточенные преимущественно в алевропелитовом материале. Так, эоловые пески Юго-Восточного Кызылкума, согласно данным Н. И. Гриднева [12], богаты полевыми шпатами и кальцитом, процентное содержание которых во фракции 0,1—0,01 мм около 20—25, а во фракции >0,1—4—6. Из неустойчивых минералов тяжелой фракции в кызылкумских песках присутствуют эпидот (40%), роговая обманка (5%), хлорит (2,5%) и т. д.

Окатанность (округление) зерен песков, по данным П. Кюенена [73], достигается на расстоянии первых сотен километров (1—2%). В дальнейшем, особенно у средне- и мелкозернистых песков, абразия кварца в водном потоке почти прекращается (0,1% на 10 тыс. км для средних полуокатанных зерен). Эоловая разработка, по данным того же автора, приводит к потере массы песчинок, в 100—1000 раз большей, чем при водной транспортировке.

По данным С. Марголиса и П. Кринсли [74], в результате эоловой обработки на поверхности кварца образуется сеть параллельных трещин, разбивающих эту поверхность на субмикроскопические пластинки. Кремнезем на таких поверхностях легко растворяется, в результате чего зерна приобретают округлую форму. Это, по-видимому, в известной степени относится также к перера-

ботке песков в водной среде и стимулирует образование аутигенной пленки на песчинках.

Многочисленные данные исследований песков пустынных областей Советского Союза показывают, однако, что в воздушной, так же как и в водной, среде такие минералы, как полевые шпаты и роговые обманки, истираются очень слабо, если они предварительно не были выветрелыми; удаляются только наиболее мягкие минералы (карбонаты, сульфаты), да и то в незначительном количестве. Во всех случаях пески остаются полимиктовыми. Из литературных данных следует, что полимиктовыми являются также золотые пески Аравийского полуострова и Сахары. Что же касается минеральной пленки, покрывающей песчинки, то она, несомненно, препятствует разрушению зерен песка, а в отдельных случаях, вероятно, полностью исключает возможность такого разрушения при ударе их друг о друга как в водной, так и в воздушной среде.

Из сказанного следует, что различие в прочности первичных, не затронутых выветриванием минералов не может служить причиной изменения состава переносимого материала, и, следовательно, не в состоянии привести к образованию кварцевых песков. Действительным первоисточником кварца служат продукты химического выветривания магматических, метаморфических и осадочных пород.

Сами условия выветривания мы здесь не рассматриваем. Им посвящены многочисленные специальные работы. Отметим только, что кварцевые пески нередко формируются за счет более древних мономинеральных песчаников, оказавшихся в условиях действия приповерхностных процессов. Однако песчаники нельзя рассматривать как первоисточники обломочного кварца; они сами в прошлом возникли в результате дифференциации элювиальных продуктов тех или иных магматических пород. Последние при выветривании дают глинистую массу, в которой кварц присутствует в виде неправильных, преимущественно остроугольных, зерен размером 0,1—0,15 до 1,0, редко до 2,0—3,0 мм, что соответствует обычному размеру зерен кварца в исходных породах.

Обогащение материала кварцем происходит уже в процессе его транспортировки и отложения. При этом кварцевые пески могут образоваться непосредственно за счет магматических пород только тогда, когда размывается верхний элювиальный горизонт, где неустойчивые минералы разложились полностью. Обычно же в районах с развитой корой выветривания пески характеризуются значительным содержанием нестойких компонентов. Последнее объясняется неоднородностью разреза толщ пород, подвергавшихся выветриванию, различной степенью изменения минералов и неравномерным их распределением в различных зонах профиля коры.

Кварцевые песчаники в результате выветривания превращаются в рыхлую массу, состоящую в основном из кварцевых зерен разной окатанности с корродированной поверхностью. Всегда при-

существуют мелкие остроугольные осколки кварца и частицы исходного песчаника размером до 1,0—10,0 мм. Кварциты часто превращаются в маршаллит. Сланцы кварцево-серицитового, кварцево-хлоритового состава при выветривании дают глинисто-кварцевый материал. Кварц в нем наиболее часто присутствует в виде равновеликих зерен песчаной размерности, нередко округлой формы, отвечающей, по-видимому, структуре исходного песка. Нерастворимый остаток кремненных карбонатных пород представляется также в виде пылевидного кварцевого, реже полевошпатово-кварцевого материала.

При химическом выветривании аркозовых или глауконито-кварцевых песков образуются пески глинисто-кварцевого состава. До конца процесс выветривания нестойких минералов такого песка развивается, однако, только в особо благоприятных условиях. Обычно же в них остается значительное количество полевых шпатов.

Таким образом, из области питания, где развивается кора выветривания, поступает материал обычно сложного состава. В дальнейшем он подвергается механической дифференциации, а на отдельных этапах осадочного процесса дополнительному воздействию и химических факторов. В результате нередко многостадийной истории переработки в континентальных и морских условиях пески достигают конечной «зрелости», которая определяется их кварцевым мономинеральным составом.

Основная масса кварцевых песков формируется в водной среде. Материал при этом переносится, как уже отмечалось, во взвешенном состоянии или путем перекачивания и волочения. В первом случае происходит интенсивное разделение частиц по крупности, форме и плотности. Окатывание их при этом почти не происходит.

Перенос путем перекачивания и волочения типичен для крупных обломков. Округлые частицы перемещаются главным образом перекачиванием, плоские — волочением. При этом в процессе переноса происходит медленное окатывание обломков.

В различных динамических условиях формы движения частиц сочетаются по-разному, что существенно влияет на их сортировку. Последняя в первом приближении зависит от характера среды, скорости движения, длительности переноса и особенностей самого материала. В общем смысле скорость движения частиц обратно пропорциональна их размеру и плотности.

УСЛОВИЯ НАКОПЛЕНИЯ ПЕСКОВ РАЗЛИЧНЫХ ФАЦИИ

Рассмотрим условия накопления кварцевых песков в различных фациальных обстановках.

Морские пески. В морских водоемах залежи песков образуются в зоне прибоя и на некотором расстоянии от берега, в области сильных донных течений. Согласно данным В. П. Батурина [3], Н. М. Страхова, Д. В. Наливкина, Ж. Туле, в зоне прибоя

пески слагают полосу шириной до 10—15, редко около 100 км; граница ее наиболее часто совпадает с глубиной, м: в морях — 10—15, редко 20—30, в океане — до 100—150.

Вблизи морских берегов обломочный материал перерабатывается под действием поступательного движения волн, обратного тока воды и силы тяжести. Ближе к берегу преобладает действие сил, передвигающих частицы в сторону отмели; с увеличением глубины частицы перемещаются в сторону открытого моря. Между этими зонами находится нейтральная полоса, в пределах которой частицы долгое время испытывают колебательные движения и где происходит их наилучшая сортировка.

Пески донных течений чаще создают скопления на перегибе шельфа, на континентальном склоне и по склонам подводных выступов. Глубина образования таких скоплений, согласно данным Д. В. Наливкина, достигает 600—800 м, но обычно значительно меньше.

В целом морские условия весьма благоприятны для накопления хорошо сортированных песков. Для них характерны незначительное содержание пелитовых примесей и хорошая сортировка зерен песков. В морском бассейне могут формироваться самостоятельные залежи песков различной крупности, обособившиеся при переработке разнозернистого материала, приносимого реками или временными потоками.

Морские пески слагают достаточно выдержанные горизонты и пластообразные тела. Мощность их среди палеозойских и мезозойско-кайнозойских отложений не превышает 10—15, но иногда достигает 20—40 м и более.

Озерные пески. Относятся к образованиям зоны приобья, донным и дельтовым накоплениям. Динамические условия формирования сближают их с морскими. Однако относительно небольшие размеры водоемов, обладающих меньшей силой волнений и ограниченными запасами кинетической энергии, обуславливают существенное различие осадков озер и морских бассейнов.

В зоне приобья пески образуются только в крупных озерах, где они слагают узкую (десятки, реже сотни метров) полосу, граница которой совпадает с глубинами обычно не более 2—3 м. Мощность залежей небольшая. В мелких озерах зона песчаных отложений фактически отсутствует или имеет ширину всего несколько метров. Она бывает сложена плохо сортированным материалом.

Донные пески занимают в некоторых озерах значительные площади. Чаще всего это наблюдается в проточных бассейнах. Пески многих озер представляют собой преимущественно дельтовые отложения. Мощность донных песков, так же как и дельтовых, в озерах относительно велика, достигает нескольких десятков метров.

Озерные пески характеризуются значительным разнообразием структуры и состава. Это объясняется тем, что в силу недостаточной гидродинамической активности поступающие в озера пески различных типов слабо перерабатываются и сохраняют свои пер-

воначальные особенности. Существуют, однако, исключения, когда в озерах и морях образуются самостоятельные залежи песков различной крупности при дифференциации разнотельного материала. Примером может служить Тулунское месторождение.

Нередко озерные пески содержат большое количество глины. Это, в частности, типично для верхнемеловых песков Чулымско-Енисейского района и неогеновых Зейско-Буреинской депрессии. Форма залежей озерных песков обычно пласто- и линзообразная.

Речные пески. Они занимают основное место среди кварцевых песков, связанных с континентальными фациями. Как известно, отложения рек делятся на русловые, пойменные и образования стариц. Для горных рек характерны первые, для равнинных — все три типа отложений. Наиболее развиты они в регионах, испытывающих слабое опускание, когда реки существенно перемещаются, занимая своими осадками огромные пространства. Это обуславливает отличие большинства современных рек от многих рек прошлого, что связано, вероятно, с общим поднятием суши и активной глубинной эрозией рек, характерными для нашей эпохи.

Состав речных наносов в зависимости от рельефа и типа пород, слагающих водосборную площадь, может быть очень разнообразным, но пески в них всегда играют большую роль. Среди наносов равнинных рек наряду с песками получают большое развитие глинистые осадки; мелкозернистость и глинистость особенно характерны для паводковых отложений. Горные реки отлагают обычно слабо сортированные пески, содержащие большое количество крупных зерен и алеврито-пелитового материала. Частицы их неокатанные; минеральный состав, как правило, полимиктовый.

Пески равнинных рек отличаются лучшей сортировкой частиц по крупности и нередко имеют кварцевый состав. Содержание тонкого материала в них значительно ниже, чем в песках горных рек.

Сортировка материала при речном переносе в любых условиях менее совершенна, чем в морских бассейнах. Кроме множественности источников его поступления непостоянной является обстановка переноса и выпадения осадка. Последнее создает невыдержанность разрезов речных отложений. Например, в русле рек нередко чередуются крупно- и мелкозернистые пески. В еще большей мере русловые отложения отличаются от пойменных по сортированности. Залежи речных песков имеют форму линз, вытянутых по направлению течения потока. Мощность таких линз обычно не превышает 10—15 м.

Минеральный состав речных песков также не выдержан, нередко они содержат переменное количество полевых шпатов и других минеральных примесей, что отчасти обуславливается непостоянством содержания отдельных размерных фракций, резко различающихся по концентрации в них неустойчивых минералов [52, 53]. Аутигенными минералами они обычно бедны; помимо окислов железа в них иногда присутствуют глауконит, пирит и карбонаты, но здесь они являются обычно перетолженными.

Пески временных потоков. В составе таких отложений кварцевые пески присутствуют редко. Они накапливаются, например, в тех случаях, когда временными потоками сносится материал коры выветривания пород кислого ряда, развитых по склонам гор, и отлагается в пределах равнины у их подножий.

По условиям переноса и сортировки материала пески временных потоков отличаются от речных, но резкого различия между ними нет. Для временных потоков более характерны пролювиальные неслоистые плохо сортированные щебнево-песчано-глинистые накопления. Нередко среди них крупный материал обособляется в виде линз с нечеткими контурами. Пески пролювиальных отложений даже в тех случаях, когда размывались глубоко измененные химическими процессами кислые магматические или метаморфические породы, имеют сложный состав, в них всегда присутствует много неразложившихся алюмосиликатов. Мономинеральные кварцевые разности среди них не известны. Гранулометрический состав песков отражает в большинстве крупность зерен, характерную для исходных пород.

Отложения временных потоков образуют на предгорных равнинах конусы выноса и шлейфы. Суммарная мощность таких отложений может достигать нескольких десятков и даже сотен метров.

Пески ледниковых отложений. Среди образований, связанных с деятельностью ледника, следует назвать кварцевые пески, которые присутствуют во флювиогляциальных отложениях, в накоплениях предледниковых потоков. В моренных отложениях сколько-нибудь значительные скопления песков, как правило, отсутствуют. Исключение представляют пески, входящие в состав отторженцев древних пород, заключенных в донной морене, иногда частично перемытые ледниковыми водами. Такие пески, имеющие кварцевый состав, известны на северо-западе Русской платформы. Несколько отторженцев нижнекаменноугольных пород детально изучено в районе ст. Фирово (Калининская обл.). Кварцевые пески слагают в них сравнительно выдержанные горизонты мощностью до 10 м. Площадь наиболее крупного отторженца около 9 га. Отторженцы юрских пород, также представленных кварцевыми песками с ненарушенным залеганием, известны в Коми АССР и т. д. Залежи частично перемытых песков, по-видимому, нижнекаменноугольного возраста детально изучались в районе ст. Зубцово (Калининская обл.) и пос. Турандино (Вологодская обл.).

Кварцевые пески, связанные с флювиогляциальными и зандровыми отложениями, значительно распространены на Русской платформе и в пределах Западно-Сибирской плиты. Для них характерны плохая сортировка, неравномерная окатанность зерен и достаточно сложный минеральный состав. В них обычно присутствуют компоненты горных пород, развитых на значительном удалении от данной точки в сторону центра оледенения, и материал местных песков. На Русской платформе интересны предледнико-

вые флювиогляциальные и зандровые пески. Они обычно крупнее древних местных, размываемых ледниковыми потоками и смешиваемых со слабодифференцированным материалом, переносимым этими потоками.

В большинстве случаев ледниковые пески содержат значительное количество полевых шпатов, темноцветных минералов и обломки горных пород. Как исключения следует отметить случаи когда эти пески (главным образом предледниковые) представлены преимущественно материалом местных песков, нередко мономинеральных. Мощность залежей песков достигает 25—30, но как правило 5—6 м.

Эоловые пески. Скопления песков, в той или иной степени переработанных ветром, образуют различные одиночные формы или систему всхолмлений на побережьях морей (дюны), озер, в пределах речных дельт, аллювиальных равнин, на поймах, террасах крупных рек и зандровых полях. Эоловые пески обычно не имеют ярко выраженного отличия от исходных песков и сохраняют основные черты структуры и состава, унаследованные от последних.

Лишь в пустынях ветру принадлежит большая самостоятельность в формировании структуры и вещества песков.

При эоловой переработке важную роль играет перемещение частиц во взвешенном состоянии, чему способствуют восходящие воздушные токи, возникающие при нагревании поверхности земли. Существенное значение имеет перемещение частиц волочением и перекатыванием, а возможно действие и химических факторов. По сортировке материала эоловые пески в общем превосходят пески, отложенные водными потоками.

Мощные скопления эоловых песков кварцевого состава известны на отдельных участках долин крупных рек и морских побережий северо-запада, центра и юга Русской платформы, в Западном Предмугоджарье и в некоторых районах юга Западной Сибири. Песчаные дюны достигают высоты в несколько десятков метров, но пески однородного состава, обычно мелкозернистые как исключение среднезернистые, образуют в их толще сравнительно небольшие линзообразные залежи.

Элювиальные пески. Как уже отмечалось ранее, кварцевые пески этого фациального типа представляют собой продукты выветривания песчаников. Состав песков в основном зависит от состава последних.

Насколько позволяют судить имеющиеся материалы, в подавляющем большинстве случаев сравнительно чистые кварцевые пески образуются при выветривании песчаников, имеющих карбонатный, карбонатно-глинистый, реже кремнистый и слюдястый цемент. Это наблюдалось авторами на Урале (Колюткинское и Всевятское месторождения), в ряде районов Сибирской платформы (Морозовское и Дзержинское), на Енисейском кряже (Ослянское), в Прибайкалье (Харгинское) и в других местах.

Для многих элювиальных песков характерны равномерная крупность и сравнительно хорошая окатанность зерен кварца. Эти признаки обычно являются унаследованными.

Некоторые элювиальные пески резко отличаются от описанных по своей структуре; они состоят в основном из совершенно неокатанных, остроугольных, частиц размером около 0,1 мм и мельче. Сравнительно крупные зерна округлой формы представляют собой исключение. Примером могут служить пески Харгинского месторождения в Прибайкалье. Как показало его изучение, залежь песков здесь приурочена к зоне разлома, зерна кварца песчаников сильно раздроблены и при выветривании распадаются на мелкие осколки. Месторождения мелкозернистого кварца, имеющие аналогичный генезис, известны также в районе Раздольнинска на Енисейском кряже, в Челябинской области на Урале и т. д. Залежи элювиальных песков имеют неправильную, часто гнездообразную форму, размеры их невелики.

Следует отметить, что к элювиальным мы не относим пески, которые в рыхлом состоянии претерпели те или иные изменения под действием различных агентов зоны выветривания. Эти вопросы будут рассмотрены ниже.

Делювиальные пески. Залежи делювиальных кварцевых песков обычно связаны с корой выветривания песчаников или сланцев, богатых кварцем. Элювиальные продукты их, перемещаясь по склонам возвышенностей, где они в большинстве случаев и образуются, меняют свой состав под влиянием силы тяжести и действия дождевых и талых вод. В процессе движения происходит перемешивание материала, образующегося при разрушении различных пород, обнажающихся по склону, частично выносятся тонкие фракции, крупные обломки округляются. При благоприятных условиях делювиальные пески могут передвигаться на многие сотни метров.

Сортировка материала делювиальных песков обычно плохая, но в случае разрушения коры выветривания песчаников и глинисто-кварцевых сланцев могут образоваться небольшие залежи песков удовлетворительной сортировки. Форма залежей конусообразная, располагаются они обычно непосредственно у выходов указанных пород, теряясь вниз по склону среди толщи делювия.

Структура кварцевых делювиальных песков более однородная, чем элювиальных; нередко они почти полностью лишены крупных обломков и значительно меньше загрязнены глинистыми продуктами выветривания. Подобные пески нами наблюдались на Урале (месторождения Всесвятское, Колюткинское и Лангур), в Прибайкалье (Харгинское). Длина залежей по склону, как правило, не превышает 20—30 м. По ширине склона они обычно распадаются на несколько конусов, имеющих до 10 м в поперечнике.

Дельтовые пески. Это, как известно, комплекс аллювиальных и бассейновых образований. Строение дельт и характер слагающих их осадков зависят от режима, в частности от скорости течения в устьевой части рек, а также от крутизны склона

бассейнов, куда впадают реки. Наиболее распространенным типом крупных современных дельт, так же, по-видимому, как и древних, являются многорукавные дельты с весьма слабонаклоненной поверхностью. Классическим примером служит дельта р. Волги. Надводную ее часть слагают преимущественно речные осадки, однако значительно развиты также озерные и золотые отложения. Большие площади обычно занимают болота. Для подводной части характерны частая смена материала потокового режима и бассейнового.

Пространства, занимаемые дельтами больших современных рек, так же, по-видимому, как рек и прошлых геологических периодов, имеют огромные размеры, измеряемые тысячами, десятками тысяч квадратных километров. Мощность их отложений достигает многих сотен метров. Во многих регионах дельты сливаются с прибрежными равнинами.

Большая мощность и наиболее сложный разрез отложений дельт и прибрежных равнин характерны для условий формирования при неустойчивом положении береговой линии. Незначительные колебания их поверхности дают возможность морю даже при слабых опусканиях проникать на сотни километров в глубь суши; при поднятиях суши происходит освобождение затопленного пространства и осушение больших площадей морского дна. Таким образом, создаются зоны чередования морских и континентальных осадков, особенно характерные для древних платформ.

Главную роль в образовании дельт играют пески. Ими представлены в основном речные, золотые отложения и осадки подводных русел. В большинстве случаев это мелкозернистые пески со значительным содержанием алеврито-пелитовых фракций.

По минеральному составу дельтовые пески близки речным. В некоторых случаях, однако, состав песков может существенно изменяться под действием процессов выветривания в пределах самой дельты и приморской равнины.

Краткое рассмотрение условий образования различных фаций, в которых происходит накопление кварцевых песков, позволяет объяснить особенности структуры, состава и характер залегания последних. Наиболее благоприятными для образования песков, хорошо отсортированных, содержащих наименьшее количество алеврито-пелитовых фракций, являются морские условия.

В зависимости от структуры материала, поступающего в морской бассейн, на разных уровнях его прибрежной зоны и в области сильных донных течений отлагаются сравнительно однородные пески различной крупности, затем по степени ухудшения обстановки для сортировки материала следуют условия озерных водоемов, равнинных рек, флювиогляциальных и пролювиальных потоков. Золотая переработка обычно улучшает сортировку песков и существенно сказывается на характере поверхности их зерен.

Фациальные условия отражают отчасти также и минеральный состав песков; в первую очередь это относится к аутигенным обра-

зованиям. При определении фациального состава песков всегда надо учитывать унаследованность их структуры и состава. В зависимости от состава поступавшего исходного материала пески могут быть очень разнообразными. Они всегда оказываются ближе к тому исходному материалу, роль которого при их формировании была большей. Достаточно отчетливо это можно наблюдать на примере озерных, аллювиальных, особенно на составе и структуре флювиогляциальных песков Русской платформы (месторождения Вытегорское, Любимовское, Великодворское, Струги-Красные). Форма кривых распределения песков, образовавшихся из материала нескольких провинций, может быть самая различная, но часть из них всегда будет относиться к многомодальным.

При рассмотрении закономерностей изменения облика и состава песков в зависимости от фациальных условий необходимо учитывать еще два очень важных обстоятельства. Первое обстоятельство заключается в том, что характер движения воды на отдельных участках морей, озер и крупных рек и структура песков, отлагающихся на таких участках, при прочих равных условиях могут оказаться идентичными. Второе обстоятельство — влияние тектонического режима района формирования песков. Оно сказывается как на характере исходного материала, так и на особенностях его переработки. Действительно, на платформах основную массу исходного материала составляют, как правило, древние хорошо сортированные морские, дельтовые, речные и эоловые песчаные накопления. В складчатых областях главная роль в формировании песков обычно принадлежит элювиальным, делювиальным, пролювиальным, реже аллювиальным слабепереработанным обломочным породам.

Не менее существенно различаются условия переотложения материала одноименных фаций в районах с различным тектоническим режимом. Совершенно естественно, что накопление песков во внутренних морях платформ и в бассейнах геосинклинального типа во многом происходит по-разному; еще более резко различаются режимы рек равнинных платформ и горных рек молодых складчатых областей. С учетом сказанного становится понятным, почему так сложно оказалось найти универсальный метод расшифровки генезиса песков, используя данные гранулометрического состава, что пытались сделать многие исследователи.

Принадлежность к той или иной фации определяет также и условия залегания песков. Наиболее выдержанные, относительно мощные пластообразные залежи типичны для морских песков, в меньшей степени для песков крупных озерных водоемов. Для аллювиальных, флювиогляциальных, делювиальных песков сравнительно однородного состава характерны линзообразные залежи, удлинённые в сторону движения воды. Линзообразная форма залегания типична и для песков эоловых всхолмлений.

В табл. 11 помещена классификация кварцевых песков, позволяющая показать общую схему формирования главнейших разновидностей последних, особенности их структуры, состава,

Группа	Тип	Исходный материал	Процессы, определяющие структуру и состав песков	Наиболее характерная структура	Типичные аутигенные образования	Залегание песков	Промышленная характеристика месторождений
Образованные на месте современного залегания	Элювиальные	Кварцевые песчаники слабые и кварцитовидные	Химическое выветривание	Средне-мелкозернистые пески с крупными обломками неразложившихся пород и большой примесью алеврито-пелитового материала. Частицы песков округлой и остроугольной формы	Глинистые минералы: преимущественно гидрослюда, реже каолинит, опал	Залежи неправильной формы, нередко гнезда, размеры залежей обычно небольшие	Запасы песков ограничиваются несколькими тысячами, реже до сотен тысяч тонн. Условия разработки неблагоприятные
Первично-отложенные	Делювиальные и пролювиальные	Первичные продукты химического выветривания различных пород (магматических, метаморфических и осадочных), содержащих кварц	Переработка при сползании по склонам и в условиях переноса на небольшое расстояние временными потоками	Пески различной крупности. Сортировка удовлетворительная и плохая. Часто присутствуют крупные обломки исходных пород. Обычна значительная примесь алеврито-пелитового материала. Форма частиц остроугольная, реже округлая	Гидроокислы железа. Пленка на зернах песка силикатная, смешанного состава	Конусообразные и линзовидные залежи, небольшие до значительных	Запасы сравнительно однородных песков небольшие: тысячи, десятки, редко сотни тысяч тонн. Условия добычи неблагоприятные
Переотложенные неоднократно	Аллювиальные	Пески разных типов: кварцевые, кварцево-полевошпатовые, редко первичные продукты химического выветривания различных пород, содержащих кварц	Длительная переработка и отложение реками, преимущественно равнинными, с участием химического выветривания	Пески разной крупности, слабо и удовлетворительно сортированные. Частицы округлые, реже угловатые	Гидроокислы железа, редко глауконит, характерно присутствие растительного детрита. Пленка гидрослюдистая и смешанная, редко каолинитовая и карбонатная	Линзообразные, ориентированные по движению воды залежи сравнительно однородных песков, небольшого и значительного размера	Запасы определяются десятками, сотнями тысяч и миллионами тонн. Условия залегания песков позволяют организовать значительные и крупные разработки
	Морские		Длительная переработка в различных условиях с участием химического выветривания; отложение в прибрежной полосе морского бассейна	Мелко-, средне-, редко крупнозернистые, удовлетворительно и хорошо сортированные пески. Зерна полуокатаны и хорошо окатаны	Глауконит, кальцит, фосфорит, пирит, гематит, лимонит. Пленка гидрослюдистая, монтмориллонитовая, глауконитовая, смешанная, включающая карбонатную	Пластообразные залежи, качество песков выдержанное	Характерны запасы, определяемые миллионами и многими десятками миллионов тонн. Условия благоприятны для крупной механизированной добычи

Группа	Тип	Исходный материал	Процессы, определяющие структуру и состав песков	Наиболее характерная структура	Типичные аутигенные образования	Залегание песков	Промышленная характеристика месторождений
Переотложенные неоднократно	Озерные	Пески разных типов: кварцевые, кварцево-полевошпатовые, кварцево-каолинитовые и другие, состоящие в основном из кварца	Длительная переработка в различных условиях с участием химического выветривания; отложение в озерном водоеме	Мелко-, средне-, редко крупнозернистые, удовлетворительно, реже хорошо сортированные. Зерна полуокатанные	Гидроокислы железа, редко глауконит, сульфиды и карбонаты. Характерно присутствие растительного детрита. Пленка гидрослюдистая и смешанного состава	Пласто- и линзообразные залежи сравнительно однородных песков. Мощность залежей значительная	Запасы песков умеренные: сотни тысяч, миллионы тонн. Залегание песков позволяет вести механизированную разработку их
	Дельтовые		Длительная переработка в различных условиях с участием химического выветривания; отложение в зоне чередования морских и континентальных условий	Мелко-, реже среднезернистые пески, удовлетворительно сортированные. Зерна полуокатанные и окатанные	Гидроокислы железа, редко глауконит. Характерно присутствие растительного детрита. Пленка гидрослюдистая и смешанная	Пластообразные и удлиненные линзообразные залежи. Мощность от значительной до большой. Качество песков выдерживается удовлетворительно	Запасы достигают десятков миллионов тонн. Условия залегания благоприятны для механизированной разработки
	Эоловые		Длительная переработка в различных условиях. Накопление в обстановке развития эоловых процессов	Мелко-, редко среднезернистые, хорошо сортированные пески. Частицы окатанные, реже полуокатанные	Гидроокислы железа, пески пустынь содержат гипс, карбонаты. Пленка смешанного состава, в пустынных песках прочная: железистая и карбонатная	Линзообразные залежи, небольшие до значительных. Качество песков сравнительно хорошо выдерживается	Запасы песков достигают нескольких миллионов тонн. Условия разработки сложные и удовлетворительные
	Флювиогляциальные	Пески разного состава, приносимые ледниковыми потоками, и местные более древние кварцевые различных типов	Смешение и механическая переработка песков различных типов; отложение ледниковыми потоками	Пески разной крупности, плохо и удовлетворительно сортированные. Окатанные частицы сочетаются с угловатыми	Гидроокислы железа. Пленка гидрослюдистая, обычно механически непрочная и смешанная	Линзы, нередко мощные, вытянутые по движению потока. Состав песков невыдержанный	Запасы значительные и крупные, до нескольких миллионов тонн, реже более. Условия не вполне благоприятны для получения однородных песков

условий залегания и подчеркнуть промышленную ценность месторождений каждой из этих разновидностей кварцевых песков.

ПОСТСЕДИМЕНТАЦИОННОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ КВАРЦЕВЫХ ПЕСКОВ

После отложения пески претерпевают различные изменения. Сначала это происходит у поверхности земли под действием процессов выветривания. Затем по мере их погружения, нарастания статической нагрузки, температуры и меняющегося химизма среды в условиях зон (стадий) диагенеза, эпигенеза, метагенеза и метаморфизма пески испытывают дальнейшее перерождение, превращаясь в песчаники и кварциты. Резкого различия между физико-химическими условиями названных зон и особенностями происходящих в них изменений горных пород, по-видимому, нет.

Смена обстановок происходит постепенно, и на конечном этапе одной стадии уже отмечаются некоторые черты, присущие стадии, ее сменяющей. Поэтому граниты между ними могут быть намечены только условно. Существенные изменения пески испытывают при выветривании, когда они в основном и формируются.

Выветривание

С ним связано частичное изменение структуры песков, разложение химически нестойких минеральных компонентов, коррозия кварца, образование новых минералов, устойчивых в термодинамических условиях зоны выветривания. К новым минералам относятся в первую очередь каолинит, гидрослюда, опал, халцедон и гидроокислы железа. Для зоны выветривания характерна широкая миграция вещества в виде истинных растворов, коллоидов и тонких частиц различных минералов. Причем в отдельных случаях вынос и привнос вещества в виде твердых частиц доминирует, выветривание приобретает комплексный характер.

Область, где пески особенно существенно изменяются в результате выветривания, охватывает центральную и южную части Русской платформы, Западно-Сибирской низменности, Центральной Сибири и Дальнего Востока. Здесь химическое выветривание вполне отчетливо проявляется в виде почвообразовательных процессов, химического воздействия вод, обогащенных сильными кислотами, в частности серной, органических кислот, выделяющихся при разложении рассеянных растительных остатков и ископаемых углей, а также имеет место комплексное выветривание с миграцией вещества в виде твердых частиц. Ниже действие этих процессов кратко рассмотрено на примере результатов изучения типичных месторождений кварцевых песков.

Пески подзолистых почв. Важнейшим процессом, протекающим в верхней части почвенного профиля, как известно, является гумификация растительных и животных остатков: превращение их в соединения перегнойного типа. При этом обра-

зуются кислоты, как обыкновенные, например масляная, уксусная, так и комплексы особых перегнойных гумусовых веществ. В составе последних различают две основные группы соединений: гуминовые кислоты, креновые и апокреновые или фульвокислоты [45, 50].

Среди последних имеются как хорошо, так и плохо растворимые, образующие с различными элементами соли, мигрирующие в виде истинных и коллоидных растворов. Со многими катионами гумусовые кислоты дают комплексные органо-минеральные соединения, большая часть которых также растворима в воде.

Процесс оподзоливания заключается главным образом в разложении многих минералов, содержащихся в почве; по выражению Я. С. Иоффе, происходит кислый гидролиз. При этом рН варьирует в пределах 3,8—6,5. Агентами разложения служат органические вещества, преимущественно кислоты перегнойного комплекса и свободная углекислота (точнее, ион HCO_3^-). Последняя поступает в почву из атмосферы и образуется вновь при окислении растительных остатков в аэробных условиях. Продукты разложения поступают (вымываются) в иллювиальный горизонт С или захватываются грунтовым потоком и выносятся за пределы участка подзолообразования. Н. М. Страхов [42] указывал, что в верхнем (А) и среднем (В) горизонтах почвенного профиля полностью разлагаются сульфиды, сульфаты, карбонаты. Легко выносятся соединения железа и марганца, чем и объясняется происходящее обесцвечивание пород подзолистого горизонта. В отношении растворения алюмосиликатов мнения в деталях расходятся.

Н. М. Страхов [42] отмечал, что разрушение полевых шпатов происходит в мелких фракциях подзолистых песков; слабое изменение они претерпевают, когда присутствуют в виде крупных обломков.

В. В. Пономарева [29] считает, что подзолистые пески образуются в результате сквозного промывания пород растворами фульвокислот, содержащихся в воде в свободном виде или в их солях. Из верхних горизонтов почвы, по ее мнению, удаляется карбонат кальция, вступающий в обменную реакцию с креновой кислотой, затем выносятся свободные окислы железа и марганца, с которыми креновая кислота реагирует как с основаниями. Фульвокислоты реагируют также с каолином, образуя растворимый кренат алюминия и присыпку кремнезема. Большой интерес представляют данные опытов, проделанных В. В. Пономаревой, по выявлению действия фульвокислот на апатит, нефелин, роговую обманку, микроклин, биотит, мусковит, оливин, каолинит и известняк. Согласно результатам опытов наиболее растворимы известняки, затем следуют биотит, каолин, нефелин, мусковит. Относительно устойчивым остался микроклин, причем его разложение сопровождалось выносом наибольшего количества щелочей. Таким образом, проведенные опыты показали растворимость в фульвокислотах всех главнейших пороодообразующих алюмосиликатов.

Активное действие фульвокислот на минералы алюмосиликатного состава было доказано результатами опытов Е. П. Левандо, Е. А. Киселевой и других исследователей. Е. И. Соколова [41] установила образование комплексных соединений алюминия с органическими кислотами.

В процессе распада большинства первичных минералов в верхней части почвенного профиля накапливаются вначале разнообразные вторичные соединения, представляющие собой новые минералы, во многих случаях неокристаллизованные. При дальнейшем развитии процесса эти образования оказываются также неустойчивыми и вновь разрушаются. Возникшие соединения вместе с некоторыми продуктами распада первичных минералов, а также с гумусовым веществом переносятся потоком атмосферных вод, частично расходуются в процессе цементации в иллювиальном горизонте, частично выносятся грунтовыми водами за пределы почвенного профиля. В горизонте подзолистых песков остаются первичный кварц, обычно существенно корродированный, часть обломков минералов-примесей, присутствовавших главным образом в крупных фракциях песка, и обычно некоторое количество пылевидного кремнезема, образовавшегося в результате разложения алюмосиликатов.

Для представления о масштабе явления в целом необходимо учитывать, что действие агентов почвообразования не ограничивается только поверхностными горизонтами, включая иллювий, а, как уже отмечалось выше, продолжается, хотя и в ослабленном виде, на больших глубинах, куда грунтовыми водами доставляются органические кислоты и другие реагенты.

Установленная мощность залежей песков, измененных подзолообразовательными процессами, достигает 30—60 м.

Влияние органического вещества на изменение состава песчаных пород при выветривании. Начиная с карбона, в мезозое и кайнозое, чистые в отношении примесей кварцевые пески часто связаны с углями или с отложениями, содержащими рассеянные органические остатки. Прекрасным примером этого могут служить песчаные породы нижнего карбона, юры, палеогена и неогена Русской платформы. Такая же связь наблюдается в комплексах карбона и юры Сибирской платформы, палеогена Средней Азии и Казахстана.

За рубежом совместное нахождение с углями характерно для кварцевых песков кайнозоя Западной Европы. Кварцевые пески здесь приурочены к отложениям эоцена и миоцена. Первые известны на территории ГДР (Саксония) и ФРГ (Нижний Гессен, Рён, Вестервальд). Чистые кварцевые пески залегают как под пластами угля, так и выше их.

Пески неогенового возраста, связанные с миоценовыми углями, известны также в Польской Народной Республике. Отложение песков и углей, по мнению большинства геологов, происходило в небольших пресноводных бассейнах на равнине, освободившейся после регрессии палеогенового моря. В конце неогена во многих

районах Западной Европы произошло излияние лав с образованием базальтовых покровов, бронировавших залежи чистых песков. Последние характеризуются исключительно высоким качеством и широко используются для изготовления стекол.

Пески углесодержащих отложений, по мнению описавших их геологов, были олигомиктовыми и мономинеральными уже в момент их накопления, чему способствовали спокойный тектонический режим и гумидный жаркий климат. Разложение оставшихся неустойчивых минералов происходило под воздействием органических кислот и уголекислоты, поступавших в грунтовые воды за счет органического вещества в стадию диагенеза, а также при выветривании углей после выхода их на поверхность.

Роль органического вещества в процессе диагенетического преобразования осадка общеизвестна. Этот вопрос детально рассматривался в работах Н. М. Страхова и других исследователей.

Влияние углей при выветривании имеет, очевидно, также большое значение и сказывается на составе кварцевых песков, заключающихся залежи не только углей, но и песков отложений, богатых рассеянными органическими остатками. Резкое обесцвечивание песков вблизи поверхности земли, у контакта с углями, нами наблюдалось, например, в бортах Семеновского карьера Александровской группы разработок Днепровского угленосного бассейна, в Бородинском карьере Канского угленосного бассейна, в Тулунском карьере на территории Иркутской области. Помимо непосредственного влияния угли играют роль защитного горизонта, предохраняющего пески от повторного загрязнения, что отмечается рядом исследователей.

Нужно оговориться, что иногда угли считают прямым признаком наличия в той или иной толще кварцевых песков высокого качества. С этим нельзя согласиться. По нашему мнению, угли значительно влияют на качество песков, но общий состав последних определяется в первую очередь характером отлагающегося материала.

Пески и алевроиты угленосных отложений могут быть как кварцевыми, так и полимиктовыми. Первые характерны для месторождений, расположенных на платформах, вдали от горных сооружений. Для угленосных толщ, находящихся в районах активной тектонической деятельности, типичны пески смешанного состава. Это можно сказать о большинстве мезозойских угольных бассейнов Сибири. На умеренную роль выветривания в удалении из песков химически неустойчивых минералов указывает также сравнительная бедность мономинеральных песков угленосных толщ продуктами разложения неустойчивых минералов.

Что же касается органического вещества, рассеянного в осадках или сконцентрированного в залежах углей, то несомненно это важнейший фактор при выветривании песков, что легко доказывается обеднением последних минеральными примесями и резким осветлением их в зоне аэрации. Действующие в таких случаях процессы близки к развивающимся при оподзоливании песков.

Примерами могут служить Люберецкое, Нововодолажское, Глебовское месторождения. Таким образом, формирование мономинеральных песков отложений, богатых органикой, определяется качеством поступающего исходного кварцевого материала и разложением реликтовых минеральных примесей частично в стадию диагенеза, в большей степени при выветривании, когда пески приближаются к поверхности земли. Кроме того, угли, так же как и диабазовые покровы, играют роль экранов, предохраняющих пески от загрязнения веществом, выносимым из вышележащих пород.

Указанное значение углей, видимо, важно не только для кварцевых песков, но и для некоторых еще гипергенных полезных ископаемых, в частности для высокоглиноземистых глин и бокситов, именуемых в данном случае подугольными. Для залежей последних типичны приуроченность к основанию угольных разрезов, наличие перерыва в осадконакоплении и закарстованность подстилающих карбонатных пород. Все это говорит, с одной стороны, о гумидных условиях, существовавших во время накопления указанных полезных ископаемых, возникающих при активном действии химического выветривания, с другой — о важном значении углей как экрана. Проявления бокситов подобного генезиса известны в пределах угольных бассейнов Русской, Сибирской платформ, на территории Казахстана и Дальнего Востока. За рубежом месторождения аналогичного генезиса установлены и частично разрабатываются в Западной Европе, Азии и Северной Америке.

Изменения состава песков под влиянием вод с серной кислотой. Это явление мы наблюдали в нескольких районах, в том числе у пос. Саблино Ленинградской области. Здесь подробно исследовались кембрийские и нижнеордовикские пески (слабые песчаники). Установлен их морской генезис. Исходным материалом служили песчаные породы раннего кембрия и допалеозоя южного склона Балтийского щита. Состав песков кварцевый мономинеральный. Первичная окраска их — разные оттенки серого цвета, что определяется примесями глины, пирита и обломков раковин. Толща песков обнажается в обрывах полосы кембрийско-ордовикского глинта и в бортах речных долин, выходящих на предглинтовую низменность. Пески выветривались в зоне аэрации (выше уровня грунтовых вод), где происходили окисление пирита и разложение других минеральных примесей.

Цвет измененных выветриванием песков — желтый, белый, малиновый, кирпично-красный. Желтая окраска обусловлена составом пленки на поверхности песчинок, богатых окислами железа в форме гидрогетита, возникшей за счет соединений, оказавшихся в растворе при разложении пирита и в результате действия образующейся при этом серной кислоты на минералы-примеси песков. О разложении пирита можно судить по неравномерному содержанию его в песках разной окраски, наличию кристаллов пирита, окисленного в разной степени, и высокой кислотности вод ($pH = 3,5 \div 4,5$), вытекающих из кембрийских отложений. В песках бе-

лого цвета пирит практически отсутствует, так же как большинство других примесей к кварцу, неустойчивых в условиях выветривания. Малиновая и кирпично-красная окраска возникает в результате проникновения в толщу песков среднего кембрия коллоидального железистого вещества, поступающего из диктионемового сланца — основания карбонатной толщи ордовика. В некоторых случаях малиновая окраска накладывается на желтую, иногда создает слабый розоватый оттенок у белых и серых кембрийских песков. Но наиболее интенсивно эта окраска развита в песках, слагающих нижнюю часть ордовикского разреза, залегающих непосредственно на кембрии.

Миграция вещества в песчаной толще Саблинского месторождения происходила, по-видимому, в ионной форме и в виде коллоидов. Движение в песках и вынос из них растворимых соединений железа и других элементов прослежены буровыми скважинами в сторону водораздела более чем на 400 м от места зарождения залежей измененных песков (выветривание пирита) до выхода их на поверхность в борту долины р. Тосны. Коллоидное вещество, дополнительно окрашивающее пески в малиновый и кирпично-красный цвет, перемещалось на глубину до 13 м, от диктионемового сланца до зеркала грунтовых вод. В зоне колебания уровня последних происходила цементация песков кремнисто-железистым, реже карбонатным веществом. Добавим, что залежи измененных белых песков среднего кембрия, аналогичных по генезису саблинским, установлены на многих участках глинта Ленинградской области и Эстонии. Близкая картина, не меньшая по масштабу, нами наблюдалась в карбоновых песках Подмосковья и в юрских Коми АССР. По-видимому, вторичные изменения песков, происходящие с участием серной кислоты, образующейся при выветривании сульфидов, могут рассматриваться как распространенное явление.

Изменения состава песков в связи с миграцией вещества в виде твердых частиц. Как и при движении растворимых соединений, изменения песков, связанные с перемещением твердых частиц, могут заключаться в привносе вещества, приводящем к заилению — кольматации песков, или вызывать вынос мелких фракций — суффозию. Действие этих процессов в той или иной степени сказывается на структуре и составе песков почти всех месторождений, расположенных в пределах областей гумидного климата.

Краткие сведения по кольматации приведены в статьях А. М. Патрышева, Н. Е. Веденеевой, Е. М. Сергеева, Н. В. Орнатского и др. [26]. Нами результаты кольматации наблюдались в толще четвертичных песков Владимирской области (Великодворское месторождение), полтавской серни Харьковской области (Нововодолажское и т. д.).

Другим процессом, при котором происходит движение твердых частиц в толще песков, как отмечалось выше, является механическая суффозия. Наиболее детально она изучалась гидро-

техниками, для которых представляет большой интерес в связи с определением устойчивости плотин, перемычек и т. д. Так, Н. М. Бочков указывает, что суффозия наиболее активно развивается на участках, прилегающих к косогорам, для которых характерны частые изменения положения уровня и резкие колебания скорости грунтового потока. По данным А. М. Патрышева, суффозия зависит от крупности, степени отсортированности, формы частиц и плотности песка, скорости движения воды и ее химического состава, а также от рельефа подстилающих пород и ряда других факторов.

Большой интерес представляют исследования С. А. Бакалова. Он считает, что при соответствующей скорости, обычно вблизи бортов речных долин, в фильтрационный поток увлекаются мелкие частицы, не только свободно лежащие в породах, но и заземленные между зернами скелета песка.

Развивается суффозия постепенно, начинается она в той части залежи песка, которая прилегает к обнаженной поверхности, где частицы, по выражению А. М. Патрышева, обладают «большой степенью свободы». Затем суффозия распространяется на более удаленные от обнажения участки, захватывая все новые массивы песка. В результате зона, представленная песками с нарушенной структурой, приобретает форму клина (в вертикальном разрезе), обращенного тупым концом в сторону движения потока и срезанного поверхностью склона.

Один из участков, где было детально задокументировано изменение структуры и состава песков под влиянием суффозионных процессов, известен как Нестерковское месторождение формовочных песков. Оно приурочено к толще среднего девона. Площадь наиболее детальных работ представляет собой плато размером 1000×500 м, прорезанное двумя оврагами, открывающимися в р. Оредеж. На расстоянии 800—900 м от реки, за границами участка, находится болото. В береговом склоне долины р. Оредежи обнажается толща песков ящерских слоев лужского горизонта среднего девона мощностью до 20 м. Пески подстилаются глинами ифенских слоев среднего девона; выше песков залегают моренные суглинки. Из всех выработок при разведке месторождения отобраны пробы, которые подверглись детальному физико-механическому анализам, включая определение фракции мельче 0,022 мм и газопроницаемости. По средним пробам были сделаны химические анализы.

Полученные результаты позволили установить, что пески верхней части девонской толщи (0,5—3,0 м) окрашены в желтый, иногда в бурый цвет, содержат значительное количество окислов железа, имеют неоднородный гранулометрический состав, главным образом за счет переменного, но, как правило, высокого содержания алеврито-пелитового материала.

Распределение песков разной окраски в верхней части разреза, характер изменения в них содержания алеврито-пелитовой фракции и окислов железа, соотношение глинистых минералов, наблю-

даемое под микроскопом, позволяют считать бесспорным, что указанные особенности связаны не с условиями седиментации, а с кольматацией алеврито-пелитового материала из моренного суглинка. Глубина проникновения тонких частиц, приносимых потоком, поверхностных вод, зависела, от крупности девонских песков, мощности и состава морены.

Пески самой нижней части толщи имеют равномерный по интенсивности желтый цвет и сравнительно выдержанный состав в отношении содержания как окислов железа, так и тонких фракций. Верхняя граница песков нижнего горизонта достаточно четкая, имеет небольшой уклон в сторону р. Оредеж, совпадая, по-видимому, с отметками ее уровня в период высокого стояния воды. Можно предполагать, что пески нижней части разреза, находясь в зоне относительно слабой подвижности грунтовых вод, сохранили почти без изменения первоначальное строение и окраску.

Наиболее интересна средняя часть девонской толщи, располагающаяся в зоне значительной подвижности грунтовых вод и являющаяся менее доступной влиянию кольматации, чем верхняя часть. Здесь пески имеют светло-серый или слабо-желтоватый цвет, менее железисты, характеризуются более низким содержанием алеврито-пелитовых частиц, чем выше- и нижележащие пески. Мощность средней толщи достигает 7—9 м.

Наименьшее количество алеврито-пелитовых примесей, в том числе фракции мельче 0,022 мм, и более высокая газопроницаемость наблюдаются в пределах зоны, расположенной внутри средней части толщи и связанной своими очертаниями с депрессионной кривой грунтового потока. Мощность зоны резко увеличивается в сторону р. Оредеж, где залежь чистых песков, достигнув максимума, срезается береговым склоном. В обратном направлении залежь прослеживается на 400 м, после чего выклинивается.

Если сравнить схему изменения состава песков в пределах Нестерковского месторождения с данными по другим участкам распространения среднедевонских отложений, находящихся в различных условиях, можно легко увидеть непосредственную связь этих изменений с развитием речной системы. Залежи песков с нарушенной структурой обычно приурочены к склонам современных речных долин. Особенностью изменений песков Нестерковского месторождения наряду с механическим выносом частиц является также растворение некоторых минералов, о чем свидетельствует, в частности, осветление песков. Химическая активность вод обуславливается, по-видимому, значительным содержанием в них органических кислот, поступавших из болота, расположенного к северо-востоку от месторождения.

Что касается количественной стороны вторичных изменений, то можно высказать следующее. Во-первых, процессы, связанные с растворением минералов, распространялись в песках на большее расстояние от р. Оредеж, чем механическая суффозия. Это расстояние может быть оценено примерно 800—1000 м. Во-вто-

рых, механическая суффозия заключалась в выносе из песков частиц мельче 0,022 мм, в небольшой степени — материала крупностью 0,022—0,05 мм; содержание фракций 0,05—0,1 мм почти не менялось. Расстояние от склона долины, на которое распространялось действие суффозии, достигало 350—400 м. В-третьих, кольматация, происходившая в верхней, а на отдельных участках и в средней частях девонской толщи, заключалась в привносе из четвертичных моренных суглинков частиц крупностью от глины до мелкого алеврита. Глубина, до которой происходило наиболее интенсивное заиление песков, варьировала от 0,5 до 2,5—3,0 м. Местами, однако, она возрастала до 4,0 и даже 5,5 м.

Подобные явления нами наблюдались во многих районах и рассмотренные примеры не исчерпывают, конечно, всего их разнообразия.

Диогенез

Следующей стадией преобразования песков, наступающей по мере опускания района и захоронения осадка вслед за ослаблением действия процессов выветривания, является диогенез [20], происходящий также при нормальном давлении и низкой температуре. Однако в отличие от выветривания для диогенеза типичны меньшая зависимость от климата, состава атмосферы и поверхностных вод, а также относительно слабая миграция вещества, ограничивающаяся, как правило, пределами самих отложений. При этом происходит физико-химическое уравнивание петрохимической системы осадка, первоначально представляющего собой смесь различных минералов, богатую органическим веществом. Меняется окислительно-восстановительный потенциал среды; нередко она из окислительной превращается в восстановительную. Характерно разложение фемических минералов, плагиоклазов, амфиболов и других неустойчивых в гипергенных условиях компонентов песков с участием, как уже отмечалось, органических соединений. Продолжается коррозия кварца. Развитие диогенетических процессов ведет к обогащению среды магнием, кальцием, щелочами, глиноземом, фосфором, кремнеземом. В целом продолжается преобразование песков, начавшееся в стадию выветривания.

При диогенезе происходят образование регенерационных каемок и рубашек на кварце и обесцвечивание его. К типичным аутигенным минералам относятся: глауконит, фосфаты, цеолиты, пирит, карбонат, некоторые силикаты. Развиваются уплотнение, цементация песков с образованием песчаников различной прочности: от слабых, почти лишенных цемента, до сравнительно крепких разновидностей, сцементированных кремнеземом (кварц, опал, халцедон, люссатит), карбонатным веществом, что характерно для кембрия и ордовика Сибирской платформе, а также соединениями железа. Нередко цемент имеет смешанный состав. Регенерационные каемки на кварце во многих случаях отделяются от обломочных зерен измененной пленкой. В. И. Муравьев [24] от-

мечает, что внутренняя часть пленки в исследованных им палеогеновых песках Русской платформы представлена опалом, который к ее внешней поверхности переходит в кристобалит. На пленку нарастает кварц, который по оптической ориентировке аналогичен кварцу обломочного зерна. А. В. Копелиович и И. М. Симанович указывают на повышенную концентрацию в зоне пленки включений минералообразующей среды, окислов железа, глинистых минералов.

Эпигенез

В эту стадию напряженность химических процессов меньше, чем в предыдущую. Медленнее происходит образование и аутигенных минералов, но в целом продолжается общее уплотнение породы, усиливаются коррозия и регенерация кварца, предшествующие развитию структур растворения под давлением, продолжаются разложение алюмосиликатов обломочной части песков и образование гидрослюд. Преобразование песков происходит в результате не только возрастающей нагрузки вышележащих толщ, но и тангенциального давления.

Стадии позднего, глубинного, эпигенеза соответствуют процессы хлоритизации гидрослюдистого цемента и растворение кварца под давлением. Характерны сливная конформно-регенерационная структура и резкое сокращение пористости песчаников. Показательными для этой стадии являются эпигенетический карбонатный цемент, растворяющий остатки глинистого вещества, и образование аутигенного кварца. По данным И. М. Симановича, на воздействие процессов следующих стадий литогенеза и метаморфизма порода реагирует уже не как агрегат разрозненных кварцевых зерен, а как поликристаллическое твердое тело [39]. Далее И. М. Симанович отмечает, что при эпигенезе в большинстве случаев сохраняются псаммитовая структура и типоморфные свойства кварца исходных пород.

Метагенез

Для стадии метагенеза (серицит-хлоритовая субформация зеленых сланцев) наиболее характерны разрушение гипергенных минералов и переход песчаников в кварцитовидные породы со структурой начального бластеза. Сущность этого процесса заключается в перерождении кварца различных генераций, что приводит к изменению размера, формы и взаимоотношения слагающих породу зерен. Осадочные ее черты существенно стираются, и с большей или меньшей отчетливостью проступают особенности метаморфических образований. Полевые шпаты серицитизируются, появляется пирофиллит, характерен турмалин. Происходит частичное растворение кварца, усиливается миграция вещества.

Ведущими факторами, стимулирующими указанные процессы, служат высокие давление и температура. Песчаники, претерпев-

шне метабенез в платформенных условиях, по внешнему облику, структуре и прочности идентичны песчаным породам, которые в складчатых областях обычно рассматриваются как метаморфические. И. М. Симанович [39] считает метабенез промежуточной стадией между эпигенезом и метаморфизмом.

Региональный метаморфизм

Для кварцевых песчаных пород в начальную стадию регионального метаморфизма (протометаморфизм, по Н. М. Страхову) характерны потеря обломочным кварцем его первичных особенностей и образование новых ассоциаций минералов. С нарастающей интенсивностью продолжается перерождение породы, прошедшей стадию метабенеза. Бластез захватывает все новые участки. Местами взаимное замещение зерен минералов разных генераций полностью стирает границы между ними, проявляется собирательный бластез. В отдельных случаях однако еще различаются очертания первичных зерен (бластопсаммитовая структура). Интересно, что количество дефектов и включений, свойственных кварцу песков, при метаморфизме сокращается. Это касается включений не только минералообразующей среды, но и большинства минералов, в том числе рутила, апатита, даже циркона. И. М. Симанович [39] указывает, что метаморфизм обломочного кварца можно назвать «метаморфическим очищением».

В условиях амфиболитовой фации метаморфизма под действием возрастающих давлений и температуры структура кварцевой породы и особенности составляющих ее минералов, в частности кварца предыдущих стадий, почти исчезают. Создаются различные типы бластических структур. Наблюдаются результаты собирательной кристаллизации, песчаники переходят в кварциты. Тем не менее изредка и в этих породах угадывается кластическое строение. Обычно — это крупные зерна кварца, «бронированные» слюдястыми минералами, графитом и т. д. Лучше различаются реликты псефитовой структуры [39].

В зоне ультраметаморфизма песчаные породы частично плавятся и окончательно теряют седиментационные признаки. Основным процессом, приводящим к изменению ее состава, является гранитизация, с которой связаны миграция вещества, возникновение новых минералов, в частности калиевых полевых шпатов.

Следует отметить, что метаморфическое «самоочищение» кварца прослеживается лишь до той стадии изменения последнего, когда еще сохраняются его индивидуальные черты. В амфиболитовую, а тем более в гранулитовую фации метаморфизма состав породы меняется в связи с появлением новых минералов.

Структура кварцитов последних этапов метаморфизма полностью бластовая, обычно без признаков псаммитового строения. Такие породы широко развиты в пределах древних Алданского, Анабарского, Балтийского щитов.

Порода	Типичные структуры	Стадии преобразования	Важнейшие минеральные новообразования	Растворение химически неустойчивых минералов	Формирование (растворение или изменение состава) устойчивых минералов	Коррозия обломочного кварца	Миграция вещества в виде		Цементация	Лесцевание обломочного кварца	Растворение кварца под давлением	Регенерация кварцевых зерен	Метаморфизация кварца	Рекристаллизация - дробный бластезис породы
							акеритов-ленточных фаций	коллоидных истинных растворов						
Песок	Псаммитовая, поровый или контактный цемент	Выветривание	Глинистые минералы, силикаты (опал, халцедон, кварц); карбонат, кальцит, сидерит и др.; гидроокислы железа, лейкоксен											
Песчаник (слабый)	Псаммитовая, регенерационно-цементационная													
Кварцито-песчаник	Псаммитовая, конформно-регенерационно-цементационная участками начальнобластическая	Эпигенез	Гидросланоды, хлорит, альбит, калиевый полевой шпат, лейкоксен, гидроокислы железа											
		Метагенез (серпичитовая ступень фации зеленых сланцев)	Серицит, хлорит, мусковит, пиррофиллит, пирит, магнетит, эпидот, турмалин											
Кварцит	Начально- и полнобластическая	Прото-метаморфизм	Мусковит, хлорит, биотит, эпидот, альбит, ставролит, турмалин											
		Полный метаморфизм	Силлиманит, гранат, полевые шпаты, роговая обманка											

Рис. 12. Стадийность развития песчаных пород и основные процессы, вызывающие их изменения.

Стадийное развитие песчаных пород и основные процессы, вызывающие их изменение, показаны на рис. 12. К сказанному надо добавить, что изложенная схема постседиментационного изменения песчаных пород показывает основные этапы только их «прогрессивного» развития, когда после стадии выветривания при погружении территории происходило превращение песков в песчаники и кварциты. При подъеме территории эти породы будут испытывать изменения в обратном порядке, в регрессивной последовательности, заканчивающейся выходом их на поверхность земли, где песчаники и кварциты подвергаются выветриванию до состояния рыхлой породы. Кварц, таким образом, может многократно участвовать в осадочном процессе.

III.

ФАКТОРЫ, КОНТРОЛИРУЮЩИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ КВАРЦЕВЫХ ПЕСКОВ, ПЕСЧАНИКОВ И КВАРЦИТОВ

Для образования кварцевых песков необходимы обстановка, благоприятная для развития кор химического выветривания, и питающая провинция, где распространены кварцсодержащие породы. В иных условиях, в частности без участия химических процессов, кварцевые пески не образуются. Структура, а в значительной степени и состав кварцевых песков (включая разнообразные аутигенные минералы), так же как и характер их залегания, зависят от длительности переработки продуктов выветривания и специфики фаций, в которых происходят транспортировка и седиментация песков. Кварцевые песчаники и первично-осадочные кварциты формируются в процессе литификации и метаморфизма кварцевых песков или хемогенного силикатного осадка.

ТЕКТОНИКА И КЛИМАТ

Режим тектонических движений и климат определяют геохимический тип выветривания, его интенсивность, возможность накопления продуктов разложения пород субстрата в виде кор выветривания, а затем и дифференциацию этих продуктов. В процессе последней при наличии кварца в элювии и благоприятных климатических и геоморфологических условий образуются кварцевые пески. Формирование кор химического выветривания, как известно, происходит в гумидном жарком и теплом климате. В аридном и морозном климате доминируют физические процессы, вызывающие разрушение горных пород без сколько-нибудь глубокого химического разложения минералов, обособления обломочного кварца или гидрозолей кремнезема. Последнее наиболее характерно для архея. При физическом выветривании образуются пески, как правило, полимиктового состава.

Анализ материала по корам выветривания территории СССР и других стран позволяет считать, что эпохи широкого (возможно планетарного) развития кор выветривания контролируются тектоническими циклами высших порядков. Эта зависимость имела, видимо, место на протяжении всей геологической истории, но проявлялась по-разному.

В докембрии, особенно в раннем, максимальной интенсивности химическое выветривание достигало в периоды наибольшего тектонического напряжения, когда происходили расколы консолидированных участков земной коры, расчленение характерного для

докембрия низкого рельефа и дифференцированное движение отдельных блоков.

В фанерозе при значительно большем масштабе тектонических процессов необходимые для корообразования условия, вероятно, создавались в начале трансгрессивных и регрессивных этапов, но до возникновения горного рельефа. Наибольшее число сравнительно молодых эпох корообразования, включая и конец протерозоя, относится к началу трансгрессивных этапов. Для них характерны общая гумидизация и потепление климата, мощные площадные коры химического выветривания, формировавшиеся в заключительный период угасающего цикла, удовлетворительная сохранность кор и их дифференциатов, включая кварцевые пески, под осадками морских трансгрессий нового цикла. Началу регрессивных этапов соответствует, по-видимому, меньшее число эпох корообразования, характеризующихся плохой сохранностью кор выветривания. Последние, как правило, относятся к линейным и локальным разновидностям; перекрываются они континентальными осадками или выходят на современную дневную поверхность.

С учетом особенностей режима тектонических движений представляется возможным наметить регионы распространения (структуры) преимущественно кварцевых и преимущественно полимиктовых песков. К первым относятся главным образом платформы (имеется в виду время образования песков); ко вторым — геосинклинали и другие структуры, близкие к ним по режиму движения [53, 55]. Для геосинклиналей характерны тектонические движения большой амплитуды, происходящие при значительных скоростях, а также преимущественно морские большой мощности отложения. Широко развиты вулканогенные породы. Состав песков, как правило, полимиктовый, что объясняется неблагоприятными условиями для участия химических процессов при переработке обломочного материала. Поступая в больших количествах с прилегающих областей суши и островов, расположенных внутри геосинклинальных зон, он переносится на близкие расстояния и быстро захороняется. Кварцевые пески в такой обстановке не образуются. К исключениям относятся отдельные участки миогеосинклиналей, где режим тектонических движений приближается к платформенному.

Для платформ типичны небольшие по амплитуде и скорости колебательные движения, что определяет сравнительно малую мощность и выдержанный на значительных площадях состав отложений. Обломочный материал на платформах более продолжительное время, чем в геосинклиналях, оставался вблизи поверхности, участвуя в осадочном процессе. До захоронения он мог пройти сортировку в различных гидродинамических и эоловых условиях, а при благоприятном климате — и несколько стадий химического выветривания. Важную роль в переработке обломочного материала играют небольшие дифференцированные поднятия и опус-

кания, происходящие в периоды сравнительно устойчивого общего положения фундамента платформ.

Кварцевые песчаные породы присутствуют также в некоторых краевых прогибах (преимущественно во внешних зонах их, куда кварцевый материал поступал с платформ) и, как исключение, в межгорных впадинах. Условия образования кварцевых песков в структурах этих типов рассмотрены в работе А. М. Цехомского, Д. И. Карстенс, Л. М. Петрунькиной [60].

Коры выветривания развиваются в пределах участков, испытывающих слабые поднятия; кварцевые пески накапливаются в депрессиях. При общем опускании территории происходит захоронение кор и их дифференциатов, в частности кварцевых песков. Последние при этом в связи с возрастающим увеличением давления и температуры переходят в монолитные породы. С последующим изменением знака тектонических движений, свидетельствующем о воздымании территории и приближении песчаных пород к поверхности земли, этапы их перерождения сменяются в обратной последовательности, завершающейся стадией выветривания. При этом ведущим фактором, способствующим приобретению рыхлыми осадками монолитности, считается статическая нагрузка [79]. Немаловажную роль играют также температура и время, в течение которого пески находились под нагрузкой.

Последнее условие особо выделяется А. В. Копелиовичем. Он иллюстрирует примерами положение, согласно которому «фактор времени приходится рассматривать лишь как дление, интегрирующее те минимальные изменения, которые совершаются в породах в течение коротких временных отрезков, под влиянием давления и температуры, а также других факторов» [1965 г., с. 225]. Примером слабых изменений песков на северо-западе Русской платформы могут служить средний кембрий и ранний ордовик, в течение которых здесь образовались почти горизонтально лежащие пласты на глубине не более нескольких сотен метров.

В заключение необходимо подчеркнуть, что помимо статической нагрузки превращение песков в монолитные породы зависит от напряжения, связанного с тектоническими процессами,— от стресса. Однако основную роль тектоника играет в проявлении метаморфизма песчаников. Примером в первом случае могут служить палеозойские сравнительно крепкие песчаники Сибирской платформы, на которой в эту эру тектонические движения были более активны, чем на Русской платформе, где палеозойские пески остались слаболитифицированными. Вместе с тем на Урале ордовикские, девонские и карбоновые песчаники почти повсеместно метаморфизованы. Больше того, в песчаники преобразованы кварцевые пески даже юрского возраста, например Алданского щита и Присаянского краевого прогиба, а также неогеновые пески Предкавказского прогиба и т. д.

ХИМИЧЕСКОЕ ВЫВЕТРИВАНИЕ КВАРЦСОДЕРЖАЩИХ ПОРОД

Изложенные данные свидетельствуют о несомненно существующей зависимости развития кор выветривания, а следовательно и возникновения кварцевых пород, от тектонических циклов. Исходя из такой закономерности и данных о возрасте кор связанных с ними осадочных пород, включая и полезные ископаемые, представилось возможным наметить следующие главные эпохи корообразования: раннеархейскую, позднеархейско-раннепротерозойскую, конца раннего — начала среднего протерозоя, конца среднего — начала позднего протерозоя, среднерифейскую, позднерифейскую—вендскую, среднедевонско-раннекаменноугольную, поздне триасово-раннеюрскую, раннемеловую, мел-палеогеновую, олигоцен-миоценовую, плиоцен-раннечетвертичную. Интенсивность корообразования в течение перечисленных эпох менялась, что создавало некоторую этапность в развитии рассматриваемого процесса. Так, на два этапа могут быть разделены эпохи: позднеархейско-раннепротерозойская, среднедевонско-раннекаменноугольная, мел-палеогеновая.

Помимо главных эпох развитие кор выветривания имело место и в иные отрезки геологической истории, но оно охватывало сравнительно небольшие районы и отличалось меньшей интенсивностью. К второстепенным относятся эпохи: позднеархейская (долоухская), раннекембрийская, среднеордовикская и плейстоцен-голоценовая [38, 43, 56 и др.]. Общая направленность выветривания, отчетливые следы которого устанавливаются даже для ранних этапов возникновения материков, сохранилась и в более позднее геологическое время. Однако качество кварцевых пород менялось, что было связано с эволюцией некоторых факторов, определявших структуру и состав этих пород. К числу таких факторов относятся характер субстрата выветривания, фации исходного материала, общий уровень литификации и метаморфизма кварцевых пород. Так, субстратом кор выветривания в раннем архее служили магматические алюмосиликатные породы преимущественно основного состава. В последующие эпохи увеличивалось значение кислых магматических пород, а также метаморфических и осадочных образований, включая кварцевые песчаники и пески. В палеозое, а тем более в мезозое роль обломочных пород в сложении субстрата кор выветривания стала основной.

Фациальные условия переноса и накопления продуктов выветривания эволюционизировали столь же существенно. В архее седиментация исходного силикатного материала происходила в мелководных бассейнах, занимавших длительно прогибавшиеся депрессии эвгеосинклинального типа [34]. В раннем протерозое подавляющее число осадочных толщ, по данным Л. И. Салопы [35], относится к миогеосинклинальным образованиям, а в среднем и позднем протерозое — не только к миогеосинклинальным, но и к платформенным морским фациям, а в некоторых районах,

возможно, и к континентальным накоплениям. Сказанное в полной мере увязывается с генезисом кварцевых пород. Для палеозоя характерен морской, дельтовый платформенный и миогеосинклинальный типы песчаных отложений. Например, в пределах Русской платформы к морским относятся кембрийские и ордовикские толщи кварцевых песков, к дельтовым — девонские и каменноугольные; на Урале в морских миогеосинклинальных условиях отлагались ордовикские девонские и карбоновые пески и т. д.

В мезозое, палеогене и неогене решающую роль играют морские осадки платформ и передовых прогибов, а также континентальные платформенные отложения. Это типично как для древних, так и для молодых структур. В четвертичном периоде пески кварцевого состава известны почти исключительно среди континентальных образований платформ. В кайнозое существенное значение имеют также залежи элювиальных и делювиальных песков.

Добавим, что в составе архейских комплексов рассматриваемые кварцевые породы представлены кварцитами, в меньшей части кварцитовидными песчаниками. В протерозое основное значение приобретают кварцитовидные песчаники и только к концу рифея и в венде становится заметной роль слабых песчаников. В палеозое песчаники разной степени литификации в отдельных регионах уступают место нелитифицированным пескам. В мезозое последние доминируют; в кайнозое песчаники почти не образуются.

IV.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КВАРЦЕВЫХ ПЕСКОВ, ПЕСЧАНИКОВ И КВАРЦИТОВ

Ниже рассмотрены кварцевые породы осадочного генезиса, а также кварцевый элювий, независимо от степени их метаморфизма (включая первично-осадочные кварциты). Имеющиеся сведения о распространении этих пород систематизированы в геохронологическом порядке, с учетом эпох корообразования, с которыми, как уже отмечалось, тесно связано возникновение исходного материала указанных пород. За основу взяты главные эпохи, для которых приведены данные о стратиграфических горизонтах и характерных толщах первично-осадочных кварцевых пород. Подобные породы второстепенных эпох только упоминаются.

АРХЕЙ И ПРОТЕРОЗОЙ

Архей ранний

Наиболее древняя эпоха интенсивного развития химического выветривания относится к раннему архею. Она контролировалась, по-видимому, белозерским этапом тектоно-магматической активизации. Кварциты, относящиеся к этой эпохе, известны в пределах Балтийского щита, Украинского массива, Воронежского поднятия, Алданского и Анабарского щитов.

Балтийский щит. С раннеархейской эпохой корообразования в этом регионе, видимо, связана керетьская свита, являющаяся нижним членом беломорской серии Северной Карелии и гранулитового комплекса юго-западной части Кольского полуострова. Она сложена гнейсами, среди которых присутствуют прослои дистен-гранат-биотитовых и силлиманитовых пород, а также кварцитов кварцево-полевошпатового состава. Типичный химический состав кварцитов керетьской свиты приведен в табл. 9.

Украинский массив. В его разрезе кварциты известны в составе бугской, росинско-тикичской, ингульской, приазовской серий [35]. Залегают кварциты совместно с кордиерит-силлиманитовыми, графитовыми, биотитовыми, амфиболитовыми гнейсами, амфиболитами, железистыми породами.

Воронежское поднятие. К раннему архею здесь относится обоянская серия. В ее разрезе кварциты образуют пласты среди сланцев разного состава [34]. Изучены они слабо.

Алданский щит. Наибольшего внимания заслуживает курумканская свита иенгрской серии раннего архея (мощность более 1 км). Она выходит на поверхность в верховье р. Алдан, слагает центральную часть Курумканского купола. Кварциты в сложении свиты доминируют. Для их состава типична примесь калиевых полевых шпатов, олигоклаза, магнетита, силлиманита,

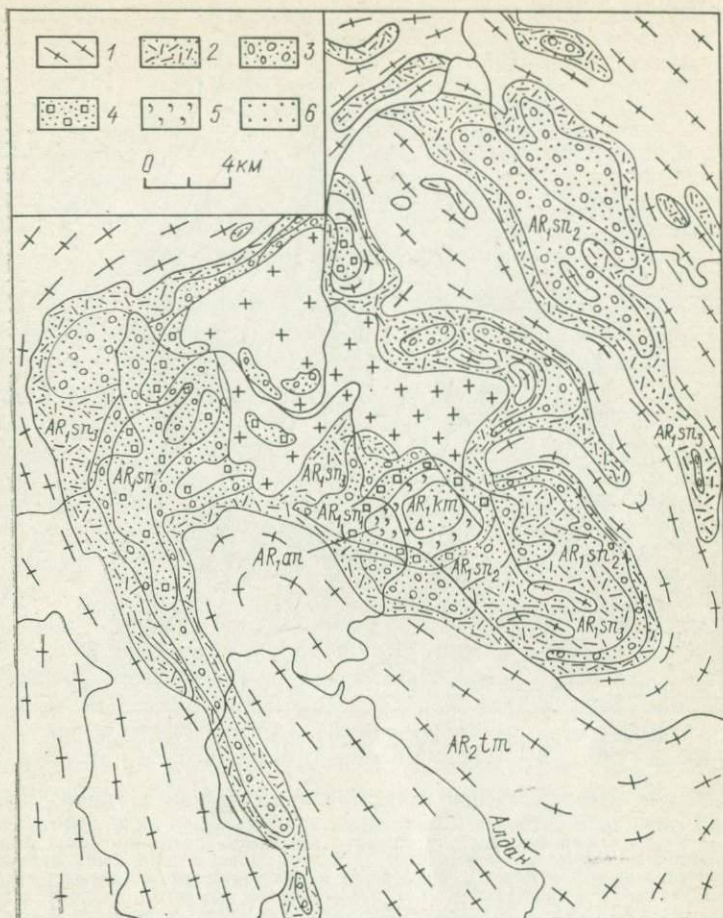


Рис. 13. Схема распространения кварцитов иенгской серии Алданского щита. По данным Л. И. Салопа, Л. В. Травина [48].

1 — гнейсы тимпонской подсерии AR_2tm ; 2—4 — породы иенгской подсерии суотинской свиты: 2 — кварциты и гнейсы с телами амфиболитов AR_1sn_3 , 3 — амфиболиты, кварциты и гнейсы AR_1sn_2 , 4 — кварциты и силлиманитсодержащие гнейсы AR_1sn_1 ; 5 — амфиболиты, амфиболитовые гнейсы, кварциты аянакской свиты AR_1an ; 6 — кварциты, силлиманитсодержащие гнейсы курумканской свиты AR_1km .

граната, турмалина. Ниже приведен химический состав кварцитов, %, по данным Л. В. Травина [49], Е. М. Лазько, А. Г. Судовикова и М. Д. Крыловой [45]: SiO_2 — 77,60—96,20; Al_2O_3 — 0,40—10,0; Fe_2O_3 — 0,02—4,4; FeO — 0,20—5,1 (результаты полного анализа курумканской свиты см. в табл. 9). Распространение кварцитов иенгской серии показано на рис. 13.

Анабарский щит. В этом районе кварциты наиболее развиты в далдынской и верхнеанабарской подсериях раннего архея. Она представлена чередующимися пачками гнейсов, сланцев, амфиболитов и кварцитов (мощность до 500—600 м)

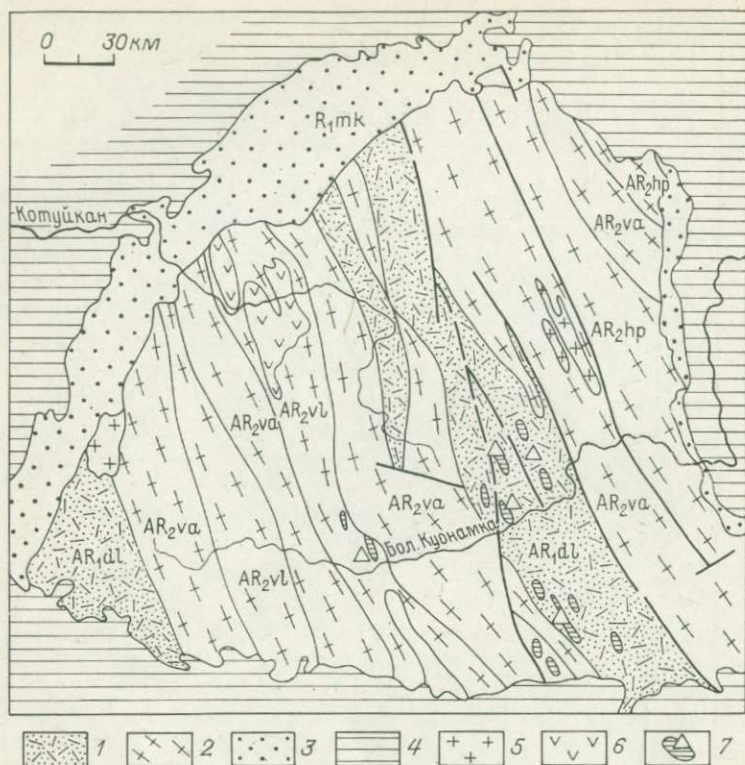


Рис. 14. Схема распространения кварцитов и песчаников на Анабарском щите. 1 — гнейсы, кварциты и амфиболиты далдынской подсерии архея AR_{1dl} ; 2 — гнейсы верхне-анабарской AR_{2va} и капчанской AR_{2hp} подсерий верхнеламуевского комплекса AR_{2vl} архея; 3 — олигомиктовые песчаники, алевролиты, аргиллиты, аргиллиты и конгломераты мукунской серии раннего рифея R_{1mk} ; 4 — рифейские и фанерозойские образования нерасчлененные; 5 — граниты; 6 — анортозиты; 7 — крупные линзы кварцитов и точки наблюдений.

(рис. 14). Последние развиты преимущественно в верхней части разреза подсерии (килегирская толща). Состав кварцитов варьирует в широких пределах: от мономинеральных (90—99% кварца) до обогащенных полевыми шпатами, мусковитом, силлиманитом, гранатом, магнетитом, графитом.

Предлоухская эпоха корообразования (второстепенная) связана с континентальным перерывом, имевшим место, видимо, во многих регионах. Она выделена О. И. Луновой [22] и кратко охарактеризована ею для восточной части Балтийского щита. Автор указывает, что перерыв осадконакопления здесь фиксируется признаками размыва раннеархейских пород и несогласным залеганием на них лоухской свиты. В составе свиты широко развиты высокоглиноземистые породы, редко кварциты.

В последние годы комплекс образований, связанных с предлоухской эпохой корообразования, изучался М. Д. Крыловой в районе Порьей Губы Кандалакшского залива Белого моря. Согласно ее устному сообщению, гранулитовый комплекс этого района делится на три части: нижнюю, представленную ортоамфиболитами и кристаллическими сланцами; среднюю, в которой основные кристаллические сланцы имеют меньшее значение и появляются разнообразные

гнейсы, кварцитовидные и карбонатные породы; верхнюю — высокоглиноземистую, содержащую лишь небольшие тела кристаллических сланцев основного состава. Автор делает вывод, что в полосе развития средней толщи, в архее (видимо, позднем) проходила граница мелководного моря. На прилегающей суше развивалась кора химического выветривания. Реликты последней не установлены, переотложенные ее продукты служили, видимо, материалом для формирования исходных осадочных пород средней и верхней толщ гранулитового комплекса.

Архей поздний и протерозой

Этот раздел посвящен рассмотрению кварцитов и песчаников, связанных с позднеархейско-раннепротерозойской эпохой корообразования и с четырьмя последующими протерозойскими эпохами развития кор выветривания вплоть до венда.

Балтийский щит. С позднеархейско-раннепротерозойской эпохой в этом регионе связана кварцито-сланцевая толща кейвской серии раннего протерозоя. Выходы ее на поверхность приурочены к возвышенности Кейв, являющейся центральным водоразделом Кольского полуострова. Для толщи характерно широкое развитие высокоглиноземистых сланцев и кварцитов (рис. 15).

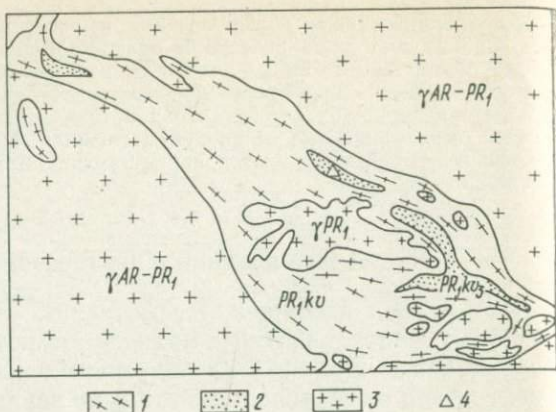
Согласно схеме Л. И. Салопа [34], кейвская серия представляет собой нижнюю часть разреза протерозоя Кольского полуострова и является стратиграфическим аналогом криворожской серии Украинского массива, курской серии Воронежского поднятия и близкой по возрасту толщи песчаников коноши центра Русской платформы. И. В. Бельков [5] и Л. Я. Харитонов [51] делят кейвскую серию на ряд пачек. Наиболее чистые кварциты присутствуют в пачке В, второй снизу в разрезе серии. Содержание кремнезема в них — около 94, глинозема — 3,6%. Структура кварцитов гранобластовая. Главными примесями к кварцу в них служат мусковит и полевые шпаты. Характерно присутствие углистого вещества.

С ранне-позднепротерозойской эпохой корообразования в пределах Балтийского щита, по-видимому, связаны на Кольском полуострове кварцитовидные песчаники рижгубской свиты имандра-варзугской серии, в Центральной Карелии — кварцитовидные песчаники онежско-сегозерской серии (ятулий), а в Северном Приладожье — ладожской серии.

Наиболее полно изучены и отличаются лучшим качеством песчаники ятулия. К последнему большинство геологов относит первично-осадочные и вулканогенные образования нижней части карельского комплекса. В. А. Соколов [40], В. З. Негруца и другие выделяют ятулий верхний (онежская серия), средний и нижний (сегозерская серия). Основание ятулия слагают различные породы архея и раннего протерозоя, на которых во многих местах развита доятулийская кора выветривания. Надо отметить, что метаморфизованные коры выветривания, установленные в ряде районов Балтийского щита между лопием и ятульем, согласно дан-

Рис. 15. Схема распространения кварцитов раннего протерозоя в центральной части Кольского полуострова. По данным И. В. Белькова [5], Л. Я. Харитоновой [51].

1 — гнейсы и кристаллические сланцы кейвской серии PR₁KU; 2 — кварциты и сланцы вычурской свиты кейвской серии PR₁KU₂; 3 — граниты γAR-PR₁; 4 — месторождения кварцитов.



ным В. З. Негруцы и Т. Ф. Негруца, относятся к разным этапам единой эпохи корообразования. Там, где в течение этого периода сохранялась суша, формирование элювия происходило непрерывно, вплоть до захоронения его под ятулийскими отложениями. Таким образом, часть дютулийских кор можно относить не только к среднему, но и к раннему протерозою.

Кварцевые песчаники приурочены преимущественно ко второй снизу пачке нижнего ятулия, в меньшей степени — к четвертой пачке нижнего и к верхней части разреза верхнего ятулия. Источником кварцевого материала служила кора выветривания древних гранитов; отложение кварцевого материала происходило в эпиконтинентальных бассейнах. Мощность второй пачки песчаников нижнего ятулия достигает 160—200 м. Нижнеятулийские песчаники обычно мелко- и среднезернистые; окатанность частиц удовлетворительная и хорошая; структура песчаников blastopсаммитовая. Главными примесями в них являются серицит, мусковит и полевые шпаты; из аксессуарных минералов — циркон, турмалин, апатит, аутигенные: кварц, хлорит, кальцит. Химический состав песчаников по данным Карельского филиала АН СССР варьирует, %: SiO₂ — 97,03—98,78; Al₂O₃ — 0,52—1,58; Fe₂O₃ — 0,14—0,17; CaO — следы — 0,18. По данным Всесоюзного института огнеупоров имеются разности песчаников с содержанием, %: SiO₂ — 98,89; Al₂O₃ — 0,07—0,92.

Ладожская серия известна в Северном Приладожье. Возрастным аналогом ее является бессовецкая свита (мощность 1 км) Прионежья, залегающая на коре выветривания супсарских вулканитов [30]. Для серии характерно присутствие песчаников по всему разрезу, но наиболее обогащена ими нижняя толща (рис. 16). В основании разреза серии залегают пачка кварцевых песчаников мощностью около 30 м. Изучены они слабо.

Иотнийская серия располагается выше карельского комплекса в верхней части среднего протерозоя [103], а по другим данным — в верхнем протерозое. Входящие в нее кварцитовидные

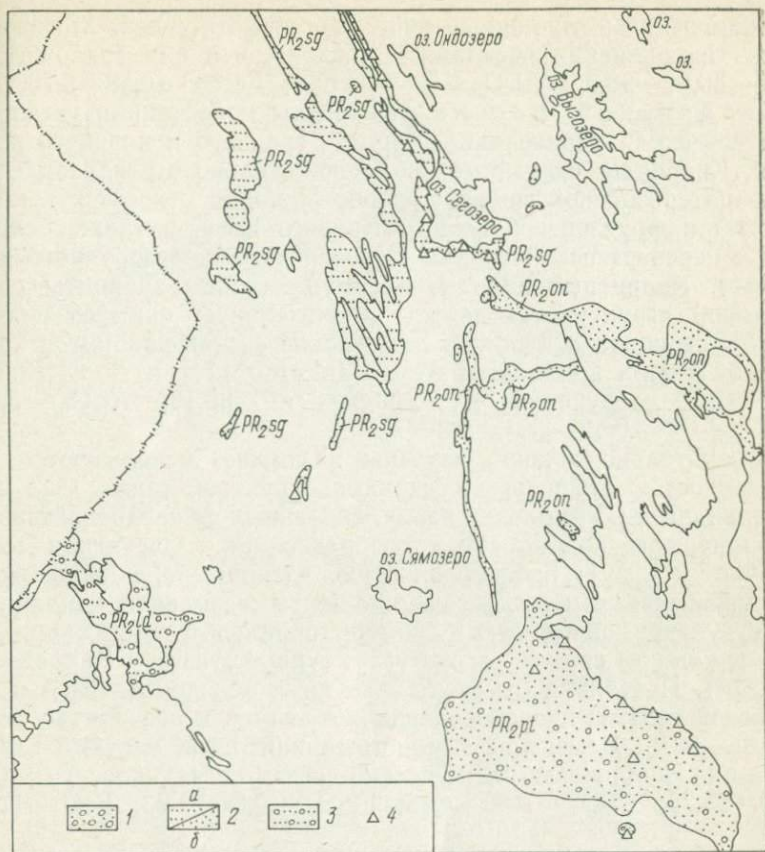


Рис. 16. Распространение кварцитовидных песчаников и кварцитов среднего протерозоя на территории Карелии.

1 — кварцитовидные песчаники, кварциты и сланцы петрозаводской и шокшинской свит PR_2pt ; 2 — кварцитовидные песчаники, сланцы, доломиты сегозерской PR_2sg (a) и онежской PR_2op (б) серий; 3 — кварциты и биотитовые сланцы ладожской серии PR_2ld ; 4 — месторождения кварцитов и кварцитовидных песчаников.

песчаники развиты на большой площади Юго-Западного Прионежья. Материал для образования иотнийских песчаников приносился с севера. Мощность серии достигает 1300 м [18]. Нижняя часть серии представлена петрозаводской свитой, верхняя — шокшинской. Песчаники последней окрашены в малиновый, красный и розовый цвета, имеют мелко- и среднезернистое строение. Форма зерен обычно округленная и полуугловатая, сортировка удовлетворительная. Песчаники мономинеральные, полевые шпаты составляют обычно менее 1, но в отдельных прослоях — 6—10%. Установлены серицит и пирофиллит. Характерна пленка на зернах кварца, состоящая преимущественно из окислов железа, что определяет цвет песчаников. Согласно данным И. М. Симановича [39], постседиментационные изменения первичных песков обяза-

ны проявлениям глубинного эпигенеза и метagenеза. Химический анализ шокшинских песчаников показал, что они содержат, %: SiO_2 — 80,00—98,05; Al_2O_3 — 0,45—11,50; Fe_2O_3 — 0,58—8,76.

Украинский массив. Кварциты и песчаники установлены здесь среди образований раннего, среднего и позднего протерозоя. Кварциты, связанные предположительно с позднearerхейско-раннепротерозойской эпохой корообразования, относятся к криво-рожской и фрунзенской сериям Кривого Рога, а также белозерской и переверзевской сериям Белозерского железорудного района [34]. Кварцевые породы, преимущественно кварциты гранобластовой структуры, содержат значительную примесь полевых шпатов, серицита и хлорита. Химический состав кварцитов криво-рожской серии, по данным А. Д. Додатко [14] и А. С. Войновского [9], следующий, %: SiO_2 — 67,40—88,40; Al_2O_3 — 5,63—14,34; Fe_2O_3 — 0,42—4,21.

Сравнительно хорошо изучены и широко используются промышленностью кварцевые песчаники овручской серии. Они относятся, видимо, к комплексу пород, связанных со среднепротерозойско-раннерифейской эпохой корообразования. Овручская серия включает (снизу): белокоровичскую, озерянскую, збранковскую и толкачевскую свиты. Две нижние свиты выполняют синклинальную структуру, вытянутую в субмеридиональном направлении, две вышележащие свиты — структуру субширотного направления (рис. 17). Песчаники отмечены в разрезе белокоровичской и толкачевской свит. В первой содержание кварца в песчаниках достигает 85—98%. Цемент их глинисто-серицитовый, местами кварцевый и пирофиллитовый. Химический состав песчаников, %: SiO_2 — 89,80—95,74; Al_2O_3 — 0,30—4,48; Fe_2O_3 — 0,37—1,93; FeO — 0,08—3,15.

Лучшим качеством отличаются песчаники толкачевской свиты. Мощность ее достигает 935 м. Песчаники преимущественно кварцитовидные средне- и мелкозернистые, редко крупнозернистые с гематит-серицитовым и гематит-пирофиллитовым цементом. Количество кварца достигает 98% и более. Химический состав приведен в табл. 9. Песчаники верхней части разреза (300 м) розового цвета с реликтами темноокрашенных песчаников и прослоями пирофиллитовых и каолинитовых сланцев. Непосредственно у дневной поверхности песчаники выветрелые до песка.

К позднему рифею относятся, по-видимому, песчаники полесской серии Львовско-Волынского прогиба Полесской седловины. В основании серии установлена кора выветривания. Песчаники полесской серии полимиктовые. По данным К. Э. Якобсона и других, они состоят из кварца, микроклина (до 30%), кислых плагиоклазов (единичные зерна), слюд (10—12%) и обломков разных пород (до 3—5%). Цемент гидрослюдиисто-каолинитовый, глинисто-железистый, реже карбонатный и кремнистый.

Воронежское поднятие. Кварциты здесь присутствуют в составе нижней сланцевой свиты (до 750 м) курской серии раннего протерозоя, являющейся стратиграфическим аналогом криво-

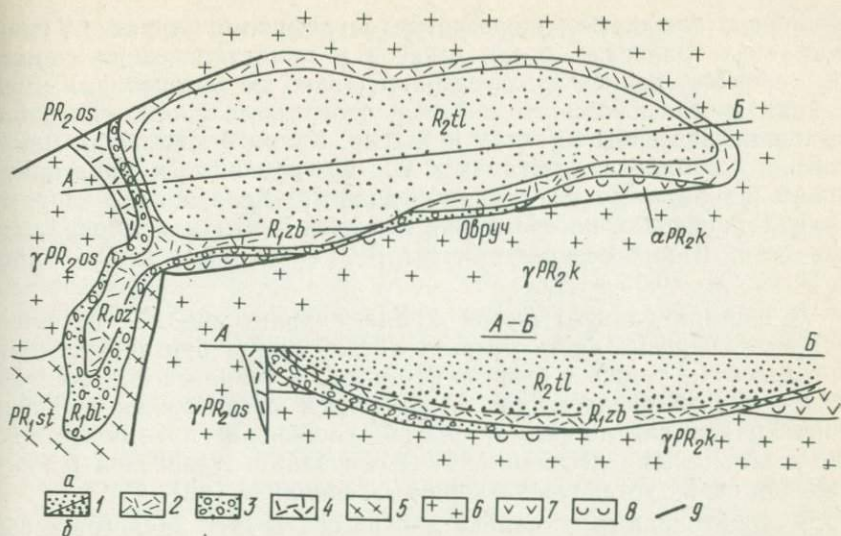


Рис. 17. Геологическая схема района развития овручской серии. По И. А. Веселовой.

1 — кварцевые и кварцитовидные песчаники с кварцевым и кварц-пиррофиллитовым цементом (а), олигомиктовые песчаники со слюдисто-железистым цементом (б) толкачевской свиты R_{2tl} ; 2 — диабазы, кварцевые порфиры, туфы, песчаники, сланцы збраньковской R_{1zb} и озерайской R_{1oz} свит; 3 — олигомиктовые и аркозовые песчаники, гравелиты и конгломераты белокоровичской свиты R_{1bl} ; 4 — порфиры и альбитофиры PR_{2os} ; 5 — гнейсы и мигматиты станишовской свиты PR_{1st} ; 6 — граниты коростенского γPR_{2k} и осницкого γPR_{2os} комплексов; 7 — габброиды коростенского комплекса αPR_{2k} ; 8 — кора выветривания; 9 — тектонические нарушения.

рождской серии Украинского массива. Кварциты полностью перекристаллизованы, представлены серицито-кварцевыми, карбонатно-карцевыми и почти мономинеральными разностями. Характерна примесь органического вещества. Содержание кварца в них достигает 98% [7].

Тиман, п-ов Канин, о. Вайгач. Здесь известны кварциты и кварцитовидные песчаники раннего и среднего рифея. Они входят в состав светлинской, четлаской, аныюгской, кислоручейской и сокольниковской (о. Вайгач) свит. Особенно характерны они для светлинской свиты. Песчаники ее кварцитовидные, светло-розовато- и буровато-серые с псаммитовой и blastopсаммитовой структурой. Состоят из угловатых и округленных зерен кварца (90—99%), полевого шпата (до 10%). Цемент серицит-хлоритовый и регенерационный кварцевый.

Урал. Кварциты известны как среди позднеархейских, так и протерозойских образований [4, 34]. Кварциты позднего архея слагают пластообразные тела и линзы среди гнейсов, сланцев и амфиболитов харбейского и тараташского комплексов. Для них характерно присутствие граната, магнетита, мусковита, графита. Структура гранобластовая. Среди образований раннего протерозоя кварциты известны в составе няртаюской свиты Ляпинского антиклинория, борлинской свиты Мугоджарской глыбы и т. д.

Кварциты слюдистые, железистые с графитом. Структура гранобластовая. Залегают среди гнейсов и кристаллических сланцев.

Вероятно, дорифейский возраст (точно не установлен) имеют кварциты максютовского и белорецкого комплексов, слагающие замковые перегибы Уралтау и Яндык. Кварц в кварцитах максютовского комплекса составляет 70—98, мусковит и парагонит — до 10, альбит — до 20, графит — до 5%. Белорецкие кварциты также слюдистые, но среди них имеются почти мономинеральные разности. В них содержатся, %: SiO_2 — 95—98,1; Al_2O_3 — 0,05—0,57; Fe_2O_3 — 0,05—1,50.

В составе раннего рифея Урала кварцитовидные песчаники слагают среднюю часть разреза айской свиты бурзянской серии, они известны также в разрезе ее аналогов уткальской и поимской свит и т. д. К среднему рифею относится юрматинская серия, начинающаяся зигальгинской свитой, сложенной преимущественно кварцитовидными песчаниками. В основании бурзянской и юрматинской серий установлена кора выветривания [15].

Кварцитовидные песчаники айской свиты и ее аналогов весьма разнообразны как по условиям залегания, так по структуре и составу. Они образуют линзы или пластообразные тела, достигающие мощности в несколько сотен метров. В составе кварцитовидных песчаников нередко много полевых шпатов, имеются и мономинеральные разности. Характерны мусковит, серицит, хлорит, обычно присутствует органическое вещество. Содержание кремнезема сильно варьирует: типичные пределы 82,5—98,9%.

Юрматинская серия среднего рифея начинается зигальгинской свитой, занимающей большие площади Башкирского антиклинория. Мощность свиты достигает нескольких сотен метров. Песчаники обычно кварцитовидные, состоят из угловатых и угловато-округлых зерен кварца (95—98%). Цемент кварцево-серицитовый, регенерационный кварцевый, редко — углисто-глинистый, железистый и карбонатный. Химический состав, %: SiO_2 — 96,30—97,65; Al_2O_3 — 0,33—0,91; Fe_2O_3 — 0,00—0,99, CaO — 0,10—0,35.

На Среднем Урале к среднему протерозою относится шайтанская свита, кварцитовидные песчаники которой используются для производства динаса. Химический состав их, %: SiO_2 — 83,60—99,80; Al_2O_3 — 0,09—6,64; Fe_2O_3 — 0,07—5,32.

К позднему рифею Урала относится каратауская серия, представленная в основании зильмердакской свитой. Песчаники слагают ее лемезинскую подсвиту, которая залегают на коре выветривания [15]. Песчаники зильмердакской свиты обычно богаты реликтовыми полевыми шпатами, особенно в нижней части свиты. Выше по разрезу, в лемезинской и бедерышинской подсвитах, развиты кварциты и мономинеральные кварцитовидные песчаники, аркозовые песчаники отсутствуют [15]. Среди образований позднего рифея аналогичные песчаники во многих районах Урала слагают толщи, сопоставимые по времени образования с зильмердакской свитой. Имеются, однако, песчаники и среди образований

верхней части разреза позднего рифея (ослянская, хойдышорская, хуутинская свиты).

Таким образом, на всем протяжении региона присутствуют кварциты и кварцитовидные песчаники, в основном связанные с ранне- и среднерифейской, а также с позднерифейско-вендской эпохами корообразования [15] (рис. 18). Возраст их хорошо увязывается с корами других регионов. Но на отдельных участках Урала существовали, видимо, автономные условия, способствовавшие накоплению кварцевого материала в промежутках между основными эпохами.

Казахстан. Кварцитовидные песчаники и кварциты в Северном Казахстане приурочены к зерендинской серии позднего архея и к кокчетавской серии протерозоя [8, 33].

Кварциты позднего архея (уядинская свита зерендинской серии) образуют линзы (до 11 м) среди гнейсов, сланцев, амфиболитов и сравнительно выдержанные горизонты. По данным О. М. Розена [33], кварциты гранобластовой структуры состоят из кварца (90—98%), единичных зерен полевых шпатов, мусковита, биотита и химически устойчивых аксессуариев. Считается, что кварциты являются метаморфизованными песками или кремнистыми породами.

Кварцитовидные песчаники кокчетавской серии (верхняя, андреевская, свита) (рис. 19) состоят на 95—98% из кварца, небольшого количества мусковита, серицита и хлоритизированного биотита. Структура гранобластовая с реликтами псаммитовой. По данным О. М. Розена [33] и М. А. Жукова, в песчаниках содержатся, %: SiO_2 —89,74—97,71; Al_2O_3 —0,37—1,44; Fe_2O_3 —0,65—1,29; FeO —0,57.

В Центральном Казахстане возрастным аналогом андреевской свиты является таскоралинская. Последняя представлена кварцитовидными песчаниками и слюдисто-кварцевыми сланцами. Песчаники мелко-, средне- и крупнозернистые; структура их от псаммитовой до гранобластовой. В песчаниках кварц составляет 80—95, полевые шпаты до 5%. Цемент глинисто-серицитовый, регенерационный. Среди аксессуарных минералов (0,5—5,0%) доминируют циркон, ильменит, турмалин, апатит. Химический состав песчаников, по данным Н. А. Пупышева и других, следующий, %: SiO_2 —80,12—91,20; Al_2O_3 —3,64—8,50; Fe_2O_3 —0,64—3,99; FeO —до 0,73.

Памир и Тянь-Шань. На этой территории присутствуют кварциты и песчаники как архейского, так и протерозойского возраста. Архейские кварциты установлены на Памире в составе горанской серии. Они залегают среди мраморов, глиноземистых гнейсов, кальцифиров. Кварц в них составляет 80—90%. Кроме того, они содержат барит (до 5%), мусковит, олигоклаз, гранат, ставролит.

В Тянь-Шане наиболее мощные пачки кварцитов (250—300 м), обычно слюдистых, заключаются в каратегинском комплексе условно архейского возраста (раньше он считался палеозойским).

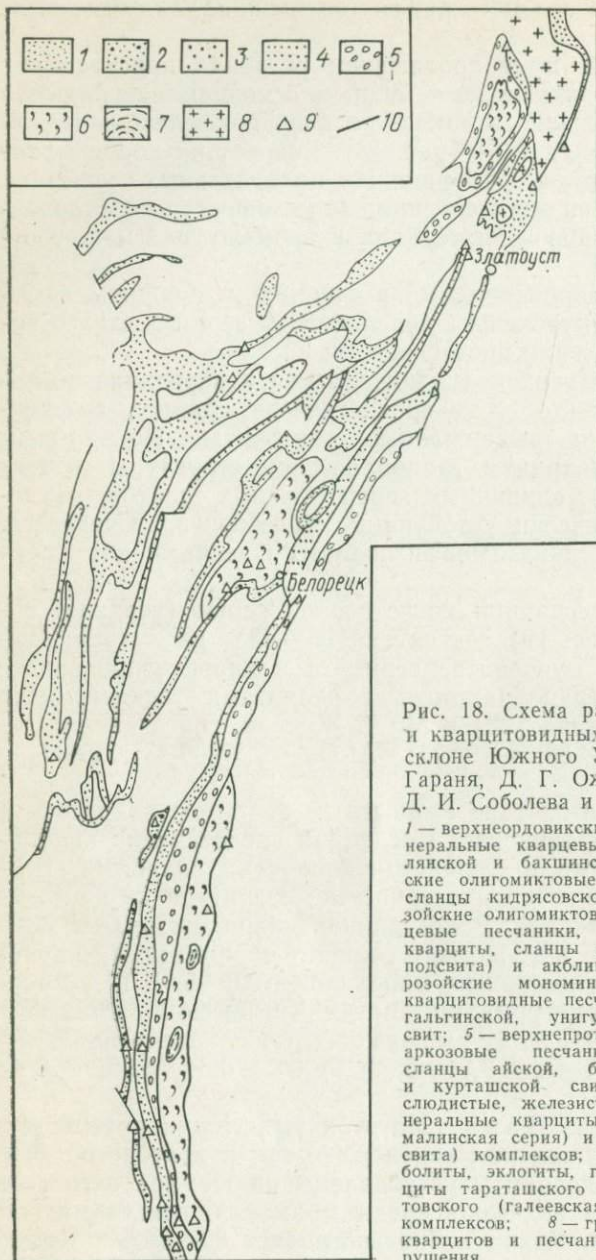


Рис. 18. Схема распространения кварцитов и кварцитовидных песчаников на западном склоне Южного Урала. По данным М. И. Гараня, Д. Г. Ожиганова, Ю. Р. Беккера, Д. И. Соболева и других.

1 — верхнеордовикские олигомиктовые и мономинеральные кварцевые песчаники и сланцы тирлянской и бакшинской свит; 2 — нижнеордовикские олигомиктовые и полимиктовые песчаники, сланцы кидрясовской свиты; 3 — верхнепротерозойские олигомиктовые и мономинеральные кварцевые песчаники, кварцитовидные песчаники, кварциты, сланцы зильмердакской (лемезинская подсвита) и акблинской свит; 4 — верхнепротерозойские мономинеральные и олигомиктовые кварцитовидные песчаники, кварциты, сланцы зигальгинской, унигук-араванской и таганайской свит; 5 — верхнепротерозойские олигомиктовые и аркозовые песчаники, кварциты, гравелиты, сланцы айской, большеинверской, утальской и курташской свит; 6 — нижнепротерозойские слюдястые, железистые, графитистые и мономинеральные кварциты, гнейсы тараташского (тукмалинская серия) и белорецкого (ишимбетовская свита) комплексов; 7 — архейские гнейсы, амфиболиты, эклогиты, глаукофановые сланцы, кварциты тараташского (шигирская серия) и максютовского (галеевская и юмагузинская свиты) комплексов; 8 — граниты; 9 — месторождения кварцитов и песчаников; 10 — тектонические нарушения.

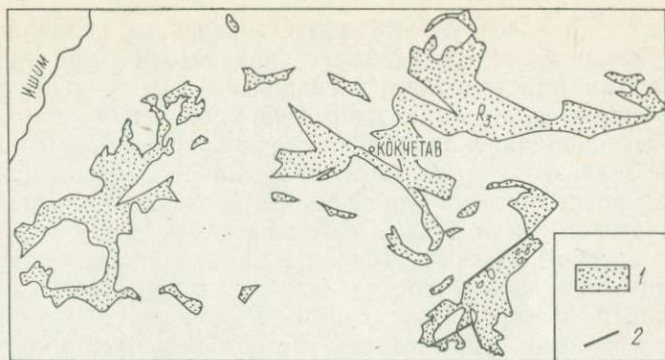


Рис. 19. Схема распространения кварцитовидных песчаников кокчетавской свиты позднего рифея в северной части Центрального Казахстана. По данным Ю. И. Марьенко, О. М. Розена, М. А. Жукова.

1 — площади выходов песчаников; 2 — разломы.

Залегают они здесь среди гнейсов, сланцев, амфиболитов, мраморов.

К раннему протерозою Средней Азии относятся кварциты и кварцитовидные песчаники макбальской свиты киргизской серии. Среди этих пород выделяются разности с содержанием примесей до 5%, в большинстве случаев они имеют более низкое качество. По усредненным данным Ю. А. Алехина [2], в сравнительно чистых песчаниках содержится 95% кремнезема; кварцитовидные песчаники развиты также в составе улуской, знаэтдинской свит раннего протерозоя. В них содержатся, %: SiO_2 — 82,42—91,12; Al_2O_3 — 1,83—5,38; Fe_2O_3 — 0,81—1,37.

Кварциты и кварцитовидные песчаники имеются среди отложений и позднего протерозоя. На Памире продуктивным в этом отношении является бардаринский комплекс. В пределах Тянь-Шаня к рифею (вероятно, среднему) относится кенкольская серия, содержащая кварцитовидные песчаники [6]. Вендские песчаники, преимущественно кварцевого состава, слагают бесапанскую свиту Центрального Кызылкума. Коры выветривания в докембрии Средней Азии установлены в основании образований протерозоя (в конце венда) перед отложениями кембрия. Кроме того, они предполагаются в раннем архее и на границе архея и протерозоя. Рассмотрение этого вопроса с указанием стратиграфических уровней развития кор выветривания и предполагаемой роли их продуктов в формировании докембрийских толщ Средней Азии мы находим в работе Л. Н. Бельковой и др. [15].

Анабарский щит. Здесь развиты коры выветривания среднепротерозойско-раннерифейской эпохи. С ней связана мощная толща кварцитовидных песчаников, входящих в состав мукунской свиты раннего рифея. Для них типично около 95% кварца, обычно присутствие полевых шпатов, биотита и химически устойчивых аксессуаров. Цемент кварцевый.

Алданский щит. Это область развития первично-осадочных кварцевых пород, связанных с указанными выше протерозойскими корами выветривания, установленными в ряде разрезов. Так, к раннему протерозою относятся удоканская серия, чародоканская и топориканская свиты, где кварцевые песчаники представляют значительную часть разреза. Среди образований начала позднего протерозоя значительную роль песчаники играют в составе ничатской свиты. К среднему рифею относится сеньская свита, низы которой слагают песчаники, имеющие по предварительным данным кварцевый состав. К венду приурочены юдомская, порохтадская и жербинская свиты, сложенные в значительной части песчаниками. Изученность состава песчаников перечисленных свит недостаточная, но даже неполные данные указывают на наличие среди них сравнительно чистых разностей кварцевых пород.

Енисейский кряж. Песчаники кварцевого состава присутствуют в восточной части кряжа. Материал для них поступал, видимо, главным образом с Сибирской платформы и накапливался в миогеосинклинальных условиях. Наиболее богаты кварцевыми песчаниками кординская и погорюйская свиты раннего рифея, красногорская свита среднего рифея и нижнеангарская подсвита позднего рифея (рис. 20). Кординская свита (1000—1500 м), согласно данным Д. И. Мусатова, М. И. Волобуева и других исследователей, сложена кварцевыми песчаниками, алевролитами, гравелитами, сланцами. Песчаники содержат до 85—90% кварца. В основании свиты установлены реликты коры выветривания. Погорюйская свита (1000—1500 м), по данным Г. И. Кириченко, Н. А. Сагитова и других, представлена алеврито-глинистыми сланцами с прослоями и пачками кварцевых песчаников. Нижнеангарская свита, по данным Г. И. Кириченко [19], Н. И. Юдина и других, содержит кварцевые песчаники преимущественно в верхней части разреза. Количество кварца в них достигает 95% и выше. Химический состав их чистых разностей следующий, %: SiO_2 — 97,70—98,90; Al_2O_3 — 0,5—1,1; Fe_2O_3 — 0,16—0,35 (материалы А. М. Цехомского и Д. И. Карстенс).

Восточный Саян. Здесь кварцевые песчаники установлены среди дербинской серии позднего архея, камчадальской свиты раннего протерозоя, армосохинской, ингашинской и аршанской свит раннего рифея, ипситской свиты среднего рифея и марнинской свиты позднего рифея. Согласно данным М. М. Ипатова, В. Д. Маца и других исследователей, докембрийские песчаники региона характеризуются невысоким качеством. Их химический состав, %: SiO_2 — 81,70—88,02; Al_2O_3 — 4,14—6,19; Fe_2O_3 — 0,25—7,44.

Байкальская складчатая область. Кварциты и песчаники в этом районе установлены среди позднеархейских образований, комплексов пород раннего протерозоя, раннего и среднего рифея, венда.

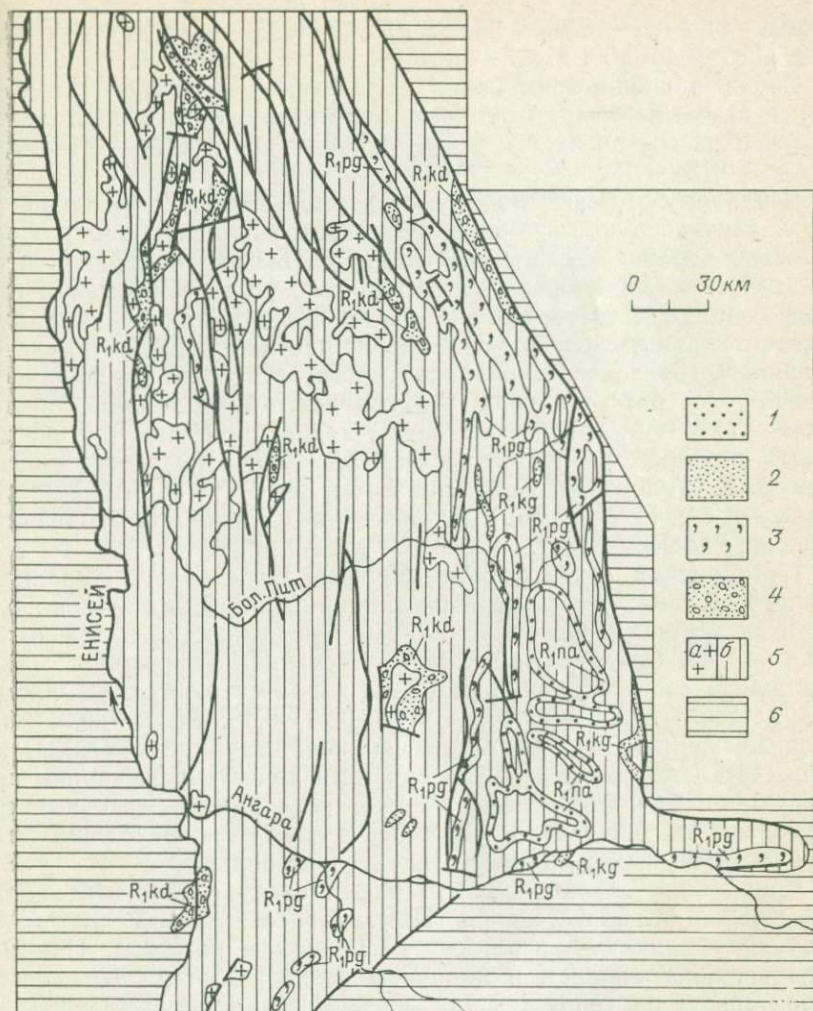


Рис. 20. Схема распространения песчаников рифея на Енисейском кряже. По И. А. Веселовой.

1 — олигомиктовые и мономинеральные песчаники, алевролиты, сланцы нижнеангарской свиты R_{1na} ; 2 — олигомиктовые песчаники, алевролиты и сланцы красногорской свиты R_{1kg} ; 3 — олигомиктовые и мономинеральные песчаники, алевролиты, сланцы и кварциты погоройской свиты R_{1pg} ; 4 — олигомиктовые, редко мономинеральные песчаники, алевролиты и сланцы кординской свиты R_{1kd} ; 5 — магматические (а), осадочные и метаморфические (б) образования кряжа, не содержащие кварцевых пород; 6 — нерасчлененные осадочные образования прилегающих территорий.

Кварциты, относящиеся к позднему архею, известны в Западном Прибайкалье. Их изучал А. М. Рябых как динасовое сырье. Они относятся к маломорской подсерии приольхонского комплекса, где образуют пласты мощностью до 25 м. Для кварцитов характерно присутствие графита. В их типичных разностях содер-

жатыся, %: SiO_2 — 89,00—98,20; Al_2O_3 — 0,20—3,80; Fe_2O_3 — 0,20—3,90; CaO — до 0,60; MgO — до 0,70.

Среди раннепротерозойских образований Западного Прибайкалья известны кварцитовидные песчаники харгитуйской свиты. Химический состав их, %: SiO_2 — 85,50—98,50; Al_2O_3 — 0,15—7,96; Fe_2O_3 — 0,13—1,79.

К раннему рифею относятся песчаники, входящие в тепторгинскую, акитканскую, патомскую серии и итанцинскую свиту. Сравнительно хорошо изучены песчаники тепторгинской серии и итанцинской свиты. Тепторгинская серия выделена в Патомском и в северо-западной части Северо-Байкальского нагорий. Песчаники слагают главным образом ее нижнюю часть (пурпольскую свиту). Мощность горизонтов песчаников достигает 136 м. Последние на 90—95% состоят из кварца, в них присутствуют также серицит, хлорит (1—3%), графит, магнетит, гранат, дистен. Химический состав типичных разностей песчаников нижней подсвиты, по данным В. К. Головенка, следующий, %: SiO_2 — 90,25; Al_2O_3 — 2,58; Fe_2O_3 — 1,64; FeO — 2,96. Песчаники вышележащих горизонтов содержат до 17% Al_2O_3 .

Итанцинская свита (1300—1500 м) представлена сланцами разного состава, кварцевыми песчаниками, карбонатными породами и эффузивами. Основные данные о песчаниках изложены в статье С. П. Осодоева и др. [27]. Песчаники этой свиты имеют различный состав, лучшие разности характеризуются содержанием, %: SiO_2 — 98,40—99,70; Al_2O_3 — 0,20—0,45; Fe_2O_3 — 0,01—0,55 (полные данные о составе песчаников итанцинской свиты см. табл. 10). Надо отметить, что лучшими являются песчаники приповерхностной части толщи, подвергшиеся химическому выветриванию предположительно в неогене. В разностях, находящихся на глубине, количество примесей значительно больше.

Среди образований среднего рифея следует отметить кварцевые песчаники голоуспенской (Прибайкалье), джемкуканской, баракунской и валюхтинской свит (Патомское нагорье). Наибольшим распространением и наличием разностей высокого качества характеризуется голоуспенская свита. Песчаники этой свиты содержат, %: SiO_2 — 85,08—98,64; Al_2O_3 — 0,72—7,12; Fe_2O_3 — 0,12—7,51.

К венду на территории Байкальской складчатой области относятся следующие толщи, заключающие кварцевые песчаники: мотская, жербинская, вачская свиты. Песчаники этих свит изучались как сырье для динаса. Химический состав песчаников, %: SiO_2 — 75,30—96,45; Al_2O_3 — 0,20—8,50; Fe_2O_3 — 0,08—2,60; FeO — до 2,11.

Приморье. В докембрии Приморского края мономинеральные кварцевые первично-осадочные породы не известны. Олигомиктовые песчаники могут быть, вероятно, установлены среди образований позднего рифея, относящихся к спасской, насыровской, митрофановской и березянской свитам. Предполагается, что они сложены измененными продуктами коры химического выветривания, в частности кварцево-серицит-хлоритовыми сланцами, полево-

шпатово-кварцевыми песчаниками и т. д. В этом отношении район изучен недостаточно полно.

Колымский массив. Согласно данным Б. В. Пепеляева и Р. С. Фурдуй [28], в среднем течении р. Колымы обнажаются орокская и чебукулахская свиты среднего рифея и спиридоновская свита предположительно позднего рифея. Песчаники мономинеральные; содержат, %: SiO_2 — 95,30—98,70; Al_2O_3 — 0,07—2,19.

Анализ размещения первично-осадочных кварцевых пород докембрия на территории СССР достаточно отчетливо показал их связь с эпохами корообразования, подтверждающуюся не только близостью возраста горизонтов кварцитов и песчаников с корами выветривания, но и положением последних и наличием признаков перерывов в основании толщ рассматриваемых пород. Качество кварцитов и песчаников докембрия изучено неравномерно, чаще всего плохо. Тем не менее возможен предварительный вывод о непостоянстве их состава и значительном содержании примесей. Исключение составляют высококачественные песчаники итанцинской свиты, подвергшиеся химическому выветриванию в фанерозе.

ПАЛЕОЗОИ

Кварцевые пески и песчаники палеозойской эры развиты преимущественно на Русской и Сибирской платформах, а также в смежных с ними геосинклинальных структурах, в частности на Урале, куда с древних платформ поступал кварцевый материал, образовавшийся в связи с развитием кор выветривания, относящихся к трем эпохам: кембрийской, ордовикской и девонско-раннекаменноугольной.

Русская платформа. С кембрийской эпохой связано образование кварцевых песков ломоносовской свиты (ранний кембрий) и тискреского горизонта (условно средний кембрий). Кора выветривания кембрийской эпохи установлена пока только на северо-западе Русской платформы, где она развита на ламинаритовых глинах котлинской и лонтовской свит [24]. Пески (слабые песчаники) ломоносовской свиты алевритистые, со значительным количеством пелитового и глинистого материала; для них характерно сравнительно высокое содержание полевых шпатов, амфиболов, слюд и глауконита. Цемент карбонатный. Исходными для них служили, вероятно, более древние песчано-алевролитоглинистые породы южного склона Балтийского щита.

Тискреский горизонт, залегающий выше ломоносовской свиты, обнажается в пределах узкой полосы вдоль ордовикского (Балтийско-Ладожского) глинта. Здесь он сложен кварцевыми мелкозернистыми песками (фракция 0,25—0,10 мм ~60%). Надо оговориться, что южнее приглинтовой полосы тискреский горизонт представлен песчаниками, алевритами, и глинами. Формирование

отложений горизонта происходило за счет материала более древних пород кембрия и венда в морских условиях. Мощность горизонта 10—30 м и более. Пески вблизи глинта мономинеральные; из примесей отмечаются полевые шпаты (до 3%), пирит, кальцит, глинистые минералы, устойчивые акцессории и обломки раковин оболид. Типичные месторождения этих песков Саблинское, Захожское, Лесные Кварталы. Химический состав песков приведен в табл. 9.

Среди отложений ордовика кварцевыми песками сложен пакерортский горизонт, представляющий собой нижнюю часть разреза ордовика. Так же как располагающийся ниже тискреский горизонт среднего кембрия, он обнажается вдоль Балтийско-Ладожского глинта, к юго-западу от которого залегает на большой глубине. Мощность пакерортского горизонта у глинта — 0,5—9,0 м; он перекрывается толщей диктионемовых сланцев. Пески раннего ордовика кварцевые мономинеральные, мелкозернистые и алевритистые, со значительной примесью средних и крупных фракций. Характеризуются присутствием обломков раковин оболид, содержащих фосфор, благодаря чему пески обогащаются и эксплуатируются как фосфатная руда. Отходы обогащения этой руды — кварцевые пески — служат перспективным сырьем для литейной и стекольной промышленности. В природном виде типичные разности песков пакерортского горизонта содержат, %: SiO_2 — около 93,00; Fe_2O_3 — 0,15 и более; после обогащения SiO_2 — 98,85, Fe_2O_3 — 0,05. Разрабатывается Кингисеппское месторождение этих песков.

Девонские отложения, заключающие крупные залежи кварцевых песков, распространены на северо-западе Русской платформы, в пределах Главного девонского поля (рис. 21), и на Тимане. Пески слагают пярнуский и старооскольский горизонты среднего девона и швентойский горизонт позднего девона. Пески пярнуского горизонта кварцевые и полевошпатово-кварцевые, причем верхняя часть представлена преимущественно мелкозернистыми, а нижняя — средне- и крупнозернистыми разностями. Содержание кварца 71—98, полевых шпатов — до 19%. Пески частично цементированы карбонатным веществом. Для их химического состава, по данным Х. Пальме и М. А. Иванова, характерны, %: SiO_2 — 90,14—94,10; Al_2O_3 — 2,80—5,02; Fe_2O_3 — 0,54—0,90.

Старооскольский горизонт (лужские слои) в верхней части разреза сложен мономинеральными кварцевыми песками (ящерский горизонт), залегающими, по схеме Л. Б. Рухина, на ифенских слоях, представленных песками с повышенным содержанием алеврито-глинистого материала. Кварцевые (ящерские) пески образуют неправильные разобщенные тела и, видимо, являются неозлювием более древних среднедевонских песков. Пески ящерского горизонта средне- и мелкозернистые, удовлетворительно сортированные, типичный химический состав их, %: SiO_2 — 94,08—99,01; Al_2O_3 — 0,13—3,18; Fe_2O_3 — 0,08—1,20 (полные данные о химическом составе этих песков приведены в табл. 8). Разведан ряд мес-



Рис. 21. Схема распространения и ожидаемое качество песков старооскольского горизонта среднего девона D_{2st} и швентойского горизонта позднего девона D_{3sv} на северо-западе Русской платформы.

1 — кварцевые мономинеральные пески зоны чередования морских и континентальных условий (а — мелко- и среднезернистые, $Fe_2O_3 = 0,1 \div 0,3\%$ и выше, б — мелко-, редко среднезернистые, $Fe_2O_3 > 0,3\%$); 2 — мономинеральные пески континентальные, мелко-среднезернистые, Fe_2O_3 до $0,1-0,3\%$ и выше; 3 — месторождения кварцевых песков.

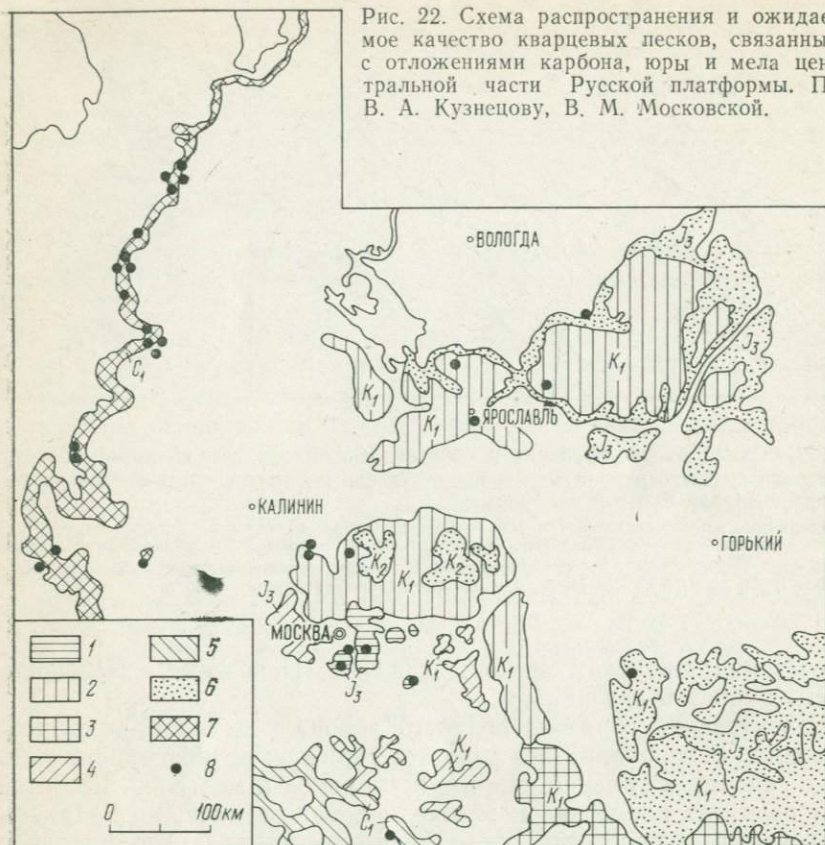
торождений ящерских песков: Лужское, Новинское, Нестерковское, Крупели и другие.

Швентойский горизонт позднего девона подстилается старооскольским. В основании его залегает горизонт разнозернистых песков с гравием и галькой кварца, песчаников и мергелей. Швентойский горизонт представлен мелко- и среднезернистыми кварцевыми песками с прослоями глин преимущественно каолинитового состава. Пески нижней части разреза относятся к аллювиальным, верхней — к морским осадкам. В песках швентойского горизонта кварц составляет 70—98, полевые шпаты 5—8, иногда до 19%. Химический состав их, %: SiO_2 — 96—99; Al_2O_3 — 0,3—2,50; Fe_2O_3 — 0,06—0,20. Разведанные месторождения песков швентойского горизонта: Бале, Берзинское, Пиуза, Печорское.

Верхи нижневоронежского горизонта девона (надснежные слои) также представлены кварцевыми песками с прослоями глин. Пески мелкозернистые; в них содержатся, %: SiO_2 — 94,50—97,10; Al_2O_3 — около 2,0; Fe_2O_3 — 0,10—0,50 и более. К этому горизонту приурочены месторождения Мишинское и Ретле.

В пределах Тиманского антиклинория пески (песчаники) кварцевого состава слагают верхнюю часть живетского яруса среднего девона: умбинский горизонт бассейна р. Цильмы, пижменские слои бассейна рек Мезенской и Печорской Пижмы, чибьюские слои Южного Тимана [35, 47]. Песчаники средне- и мелкозернистые. Содержание кремнезема в них около 97%; цемент кремнистый. Рыхлые пески образуются, вероятно, в результате неоген-четвертичного выветривания песчаников.

Рис. 22. Схема распространения и ожидаемое качество кварцевых песков, связанных с отложениями карбона, юры и мела центральной части Русской платформы. По В. А. Кузнецову, В. М. Московской.



1—3 — морские отложения, вмещающие пластообразные залежи кварцевых мономинеральных песков: 1 — мелко- и среднезернистых (Fe_2O_3 до 0,1—0,3%), 2 — преимущественно мелко-, редко среднезернистых (Fe_2O_3 до 0,2—0,3% и выше), 3 — мелкозернистых ($Fe_2O_3 > 0,3\%$); 4 — континентальные отложения, вмещающие пластообразные залежи и крупные линзы кварцевых мономинеральных, преимущественно мелкозернистых песков ($Fe_2O_3 = 0,2 \div 0,3\%$); 5 — отложения зоны чередования морских и континентальных условий, вмещающие пластовые залежи и крупные линзы кварцевых мономинеральных песков, тонко-, мелко-, реже среднезернистых (Fe_2O_3 до 0,1—0,3% и более); 6 — отложения с неясными структурой и составом песков; 7 — площади развития продуктивных по кварцевым пескам отложений, залегающих под четвертичным покровом; 8 — месторождение кварцевых песков.

Карбон Русской платформы представлен кварцевыми песками только в пределах Московской синеклизы, где они слагают значительную часть разреза раннего карбона: бобриковский и тульский горизонты среднего визе и алексинский горизонт позднего (рис. 22). Пески отлагались в континентальных и морских условиях; материалом для них служили, вероятно, выветрелые пески девонского возраста. Согласно данным М. С. Швецова, В. П. Бархатовой, А. М. Цехомского и других, на северо-западе Московской синеклизы пески преимущественно мелкозернистые, на юге региона — алевритистые. Пески повсеместно кварцевые мономинеральные. Вещественный состав их приведен в табл. 2. Здесь надо от-

метить, что содержание химических компонентов в карбоновых песках сильно варьирует главным образом из-за непостоянного количества аутигенных минералов, связанных с вторичными процессами. Так, содержание SiO_2 колеблется от 92,90 до 99,6; Al_2O_3 — от 0,00 до 3,20; Fe_2O_3 — от 0,04 до 0,60% и выше.

С отложениями раннего карбона связано несколько разведанных месторождений кварцевых песков: Неболчинское, Пыринское и Будское, Старокелецкое и другие. Необходимо отметить, что перспективы обнаружения новых месторождений песков высокого качества среди раннекаменноугольных отложений велики, но изученность последних слабая. Площадь выхода их на поверхность и залегания под четвертичным покровом показана на рис. 22.

Пермские отложения занимают обширные площади на севере и востоке Русской платформы. Пески среди них занимают большое место, но они в основном полимиктовые, что обусловлено смешанным составом материала, сносившегося преимущественно с Урала, где разрушались горные сооружения, а также аридными условиями, господствовавшими в пермский период на территории Русской платформы, неблагоприятными для химического выветривания поступавшего материала. Кварцевые пески известны только на северо-западе платформы, где они связаны с нижнеустынской свитой поздней перми. Они плохо сортированные, мелкозернистые, часто алевритистые. Химический состав песков Устьянско-Чадромского и Прилуцкого месторождений нижнеустынской свиты следующий, %: SiO_2 — 71,08—97,50; Al_2O_3 — 1,6—3,5; Fe_2O_3 — 0,10—0,37.

Закавказье. На территории Армении и Азербайджана кварцевые песчаники присутствуют в осадочных комплексах среднего девона и раннего карбона. Средний девон (эйфельский и живетский ярусы) в этом регионе представлен песчаниками, аргиллитами и известняками; ранний карбон (турне) — известняками, сланцами, кварцитовидными песчаниками.

Выявлены три месторождения палеозойских песчаников: Урцское, Гюмушлинское, Аратское. Химический состав песчаников, %: SiO_2 — 85,30—98,10; Al_2O_3 — 1,90—8,60; Fe_2O_3 — 0,07—2,96. Лучшим по качеству песчаников является Урцское месторождение.

Урал. В этом регионе пески (точнее песчаники) палеозойского возраста изучены сравнительно слабо. По имеющимся данным кварцевые их разности присутствуют, по-видимому, среди отложений только ордовика и девона.

В результате ордовикской трансгрессии, последовавшей в большинстве районов после длительного перерыва в осадконакоплении, на западном склоне Северного, Среднего, отчасти Южного Урала были сформированы мощные осадочные толщи, заключающие терригенные, глинистые и карбонатные породы, лежащие с резким несогласием на кембрийских и более древних образованиях, а местами на их корках выветривания.

Кварцевые палеозойские песчаники упоминаются при описании нижнеордовикских отложений тельпосской свиты и ее аналогов (козинской, кидрясовской, маячной свит) на Северном Урале, а также на юге западного склона Урала. Среди среднеордовикских образований некоторый интерес представляют кварцевые песчаники бактинской и тирлянской свит. В позднем ордовике как перспективные на кварцевые песчаники следует упомянуть некоторые разрезы полюдовской свиты [10].

Для отложений ордовика характерно крайнее непостоянство состава песчаников, что связано с поступлением обломочного материала из нескольких источников. Одним из них являлась восточная часть Русской платформы, где была широко развита доордовикская кора выветривания, откуда в зону Урала поступал кварцевый детрит; вторым источником обломочного материала служили разрушающиеся местные породы и образования, слагающие поднятия в осевой и даже восточной зонах Урала. Кварцевые песчаники обычно формируют пластообразные тела в пределах превышений, расположенных в полосе, вытянутой меридионально вдоль западного края Уральской миогеосинклинали, где песчаники имеют весьма разнообразный состав, в том числе встречаются и мономинеральные кварцевые разности.

Наиболее интересной из упомянутых выше является тельпосская свита (400—2000 м). Окраска слагающих ее песчаников розовая, красная, лиловая, серая, иногда почти белая. По данным Ю. Б. Евдокимова, А. Д. Миклухо-Маклая и других исследователей, кварцитовидные песчаники на 93—98% сложены кварцем с примесью полевых шпатов (до 5%). В основании свиты обычно лежит слой конгломерата мощностью в несколько сотен метров. Выше по разрезу на тельпосскую свиту в пределах Северного Урала налегают хосейская и щугорская свиты, которые местами также содержат кварцевые песчаники.

На территории Среднего Урала средний ордовик представлен грубообломочными полимиктовыми конгломератами. Еще выше кварцевые песчаники известны в составе тискосского горизонта, перекрывающегося глинисто-карбонатными отложениями. На Южном Урале средний ордовик представлен грубыми конгломератами, где кварцевые песчаники почти отсутствуют.

Среди верхнеордовикских отложений некоторый интерес представляют верхи полюдовской свиты (Полюдов кряж).

Заслуживают упоминания песчаники среднего и верхнего девона. В среднем девоне кварцевые песчаники слагают такатинский горизонт, обычно трансгрессивно залегающий на протерозойских и раннепалеозойских отложениях. На западе региона средняя часть его разреза представлена песчаниками (нередко кварцевыми) с прослоями конгломератов. Согласно описанию Ю. Д. Смирнова и др. [10], такатинские отложения, содержащие кварцевые песчаники, развиты на западном склоне Урала, а также на востоке Русской платформы. Песчаники светло-, темно-се-

рые, их материал удовлетворительно и хорошо отсортирован. Для них характерна сложная косая слоистость. Данные детального исследования этих песчаников отсутствуют.

Для верхнего девона характерна пашийская свита, широко развитая в пределах западного склона Урала. Верхняя и в большей степени средняя часть ее разреза представлена известняками и глинистыми отложениями. Песчаники преобладают в северных районах региона. По имеющимся литературным данным (Ю. Р. Беккер), песчаники пашийской свиты в основном кварцевого состава с примесью химически устойчивых минералов в тяжелой фракции.

К сказанному следует добавить, что, по мнению Ю. Д. Смирнова и др. [10], начиная с раннего девона на западе и севере Урала, включая и прилегающую часть Русской платформы, была широко развита кора выветривания. Отложения западного склона Урала в среднем и позднем девоне местами обогащались кварцем за счет кор выветривания. Вопрос этот представляет существенный интерес, но изучен пока недостаточно полно. Промышленность палеозойские песчаники пока не использует.

Сибирская платформа. Кварцевые пески, обычно цементированные до песчаников, известны среди отложений ордовика, позднего девона — раннего карбона, перми (рис. 23). К ордовику относятся кварцевые песчаники баяновского и байкитского горизонтов усть-кутской свиты раннего ордовика, кудринского горизонта криволукского и мангазейского ярусов среднего ордовика, а также братской свиты позднего ордовика. Песчаники изучены плохо, но, судя по результатам разведки отдельных месторождений песчаников и их элювия, состав этих пород мономинеральный кварцевый. Цементом служит карбонатное, кремнистое, глинистое или фосфатное вещество. Состав песков (элювия песчаников), %: SiO_2 — 81,12—97,15; Al_2O_3 — 1,40—9,06; Fe_2O_3 — 0,17—2,94. Изучены следующие месторождения песчаников и песков: Хламанда, Монастырское, Дзержинское и другие.

Кварцевые песчаники, формировавшиеся за счет продуктов кор выветривания девонско-раннекаменноугольной эпохи, известны на северо-западе и юге Тунгусской синеклизы, в Ангаро-Тасеевской синеклизе и в пределах Рыбинской впадины.

На северо-западе Тунгусской синеклизы распространены кварцевые песчаники кондроминской свиты раннего карбона и ее стратиграфического аналога — желтулинской свиты. Кондроминские песчаники олигомиктовые и мономинеральные, содержат до 90—98% кварца, единичные зерна полевых шпатов. Песчаники желтулинской свиты по составу близки кондроминским, но содержат больше полевых шпатов и карбонатов.

Широко развиты кварцевые песчаники девона—карбона на территории Рыбинской впадины. Сложенная ими чаргинская свита делится на нижнюю, песчаную (до 30 м), и верхнюю, карбонатную, подсвиты.

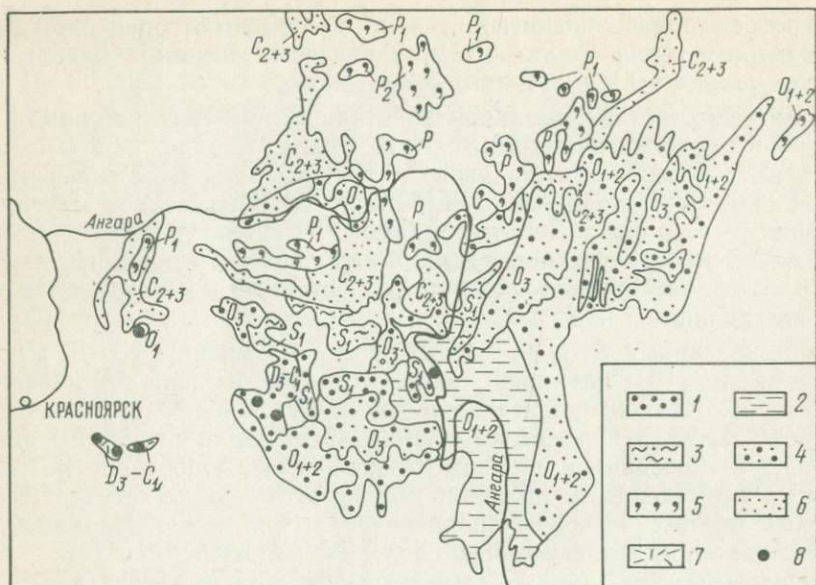


Рис. 23. Распространение, залегание, структура кварцевых песчаников (частично элювиальных) в палеозойских образованиях южной части Сибирской платформы. По А. М. Цехомскому, Д. И. Карстенс, Л. М. Петрунькиной.

1—4 — морские отложения: 1 — с пластообразными залежами мономинеральных разнозернистых песчаников, 2—4 — с залежами мономинеральных и полевошпатово-кварцевых песчаников (2 — мелко-, реже среднезернистых, 3 — мелкозернистых, 4 — разнозернистых); 5—6 — континентальные отложения с линзообразными и пластообразными залежами мономинеральных и полевошпатово-кварцевых песчаников: 5 — мелко-, средне- и крупнозернистых, 6 — средне- и мелкозернистых; 7 — отложения прибрежных равнин с залежами мономинеральных и полевошпатово-кварцевых мелкозернистых песчаников; 8 — месторождения песчаников, частично элювированных.

В неоген-четвертичный период выветривание песчаников привело к формированию ряда месторождений кварцевых песков (Партизанское, Верхнеагашульское, Чаргинское и др.), имеющих в составе, %: SiO_2 — 76,30—97,82; Al_2O_3 — 1,20—10,35; Fe_2O_3 — 0,12—1,40.

На территории Ангаро-Тасеевской синеклизы песчаники в основном мономинеральные кварцевые (баероновская свита); содержание кварца в них — до 98%, в качестве примесей присутствуют полевые шпаты, халцедон. Песчаники образуют месторождения Невельское, Шевченковское, Разгонское и другие. Химический состав песчаников следующий, %: SiO_2 — 92,0—98,0; Al_2O_3 — 1,0—4,0; Fe_2O_3 — 0,06—0,47.

Южнее г. Тайшет некоторый интерес представляет аналог баероновской свиты — саранчетская свита, песчаники которой содержат до 2,5% Al_2O_3 и 0,24 Fe_2O_3 .

Перспективными на кварцевые мономинеральные и олигомиктовые пески и песчаники являются, таким образом, области распространения чаргинской, баероновской, саранчетской свит позд-



Рис. 24. Схема распространения пород омутнинской свиты раннего силура на западе Амурской складчатой области (район ж.-д. ст. Бол. Невер). По А. И. Самусину, С. Н. Самусиной, Л. И. Красному.

1—3— морские образования омутнинской свиты: 1— кварциты, кварцевые песчаники, алевролиты, глинистые сланцы, конгломераты нерасчлененные S_{1om} ; 2— кварциты, кварцевые песчаники, алевролиты, глинистые сланцы верхней подсвиты S_{1om_2} ; 3— кварциты, кварцевые песчаники, гравелиты, конгломераты нижней подсвиты S_{1om_1} ; 4— участки Большеieverского месторождения песчаников (I— сопка Соседняя, II— сопка Бинус, III— сопка Круглая).

него девона—раннего карбона, кондроминской и желтулинской свит раннего карбона.

Кварцевые песчаники среди пермских отложений известны только на территории Тунгусской синеклизы. Состав их меняется от полимиктового до олигомиктового. В других районах Сибирской платформы песчаники пермского возраста полимиктовые.

Амурская складчатая область. На западе области интерес в отношении кварцитов, пригодных для производства динаса, представляют морские образования омутнинской свиты раннего силура, распространенные на север от ж.-д. ст. Бол. Невер (рис. 24).

Согласно данным Е. А. Модзалевской, Л. И. Красного, А. И. Самусина, С. Н. Самусиной, омутнинская свита сложена кварцитами, кварцевыми песчаниками, конгломератами, алевролитами и сланцами. Кварцевые песчаники представлены мелко-, средне- и крупнозернистыми разностями. Химический состав кварцитовидных песчаников Большеieverского месторождения следующий, %: SiO_2 —94,24—98,38; Al_2O_3 —0,28—1,32; Fe_2O_3 —0,48—0,70.

Остров Сахалин. В пределах Сусунайского хребта и Восточно-Сахалинских гор песчаники входят в состав дербышевской свиты вальзинской серии, условно относимой к ордовику—девону. Песчаники представлены серыми и светло-серыми разностями с содержанием кварца до 90—95%.

По Д. П. Жижину, песчаники разведанного Лиственничного месторождения имеют следующий химический состав, %: SiO_2 —87,08—94,55; Al_2O_3 —1,02—4,67; CaO—0,14—0,98; Na_2O —0,51—0,65; K_2O —0,20—1,57.

МЕЗОЗОИ

В мезозое кварцевые осадочные породы связаны с триасово-раннеюрской и раннемеловой эпохами корообразования. Они установлены в пределах Русской и Сибирской платформ, Кавказа, Урала, Западно-Сибирской и Туранской плит, Тянь-Шаня и Приморья. К раннемезозойским—триасовым образованиям можно отнести кварцевые пески (песчаники), развитые только на территории Приморья. Они приурочены к основанию карнийского яруса. Песчаники мелко- и крупнозернистые, содержание кварца в них варьирует от 60 до 95, полевых шпатов — до 20%. Химический состав их следующий, %: SiO_2 — 84,0—93,0; Al_2O_3 — 4,0—10,3; Fe_2O_3 — 0,16—0,5. В результате опытного обогащения содержание SiO_2 достигает 96,30, Al_2O_3 — 2,6, Fe_2O_3 — 0,1%. Выявлено несколько месторождений этих песчаников: Кипарисовское, Атласское, Вассиановское.

Полуостров Канин. Здесь имеются кварцевые пески в составе только среднеюрских отложений. Они выходят по рекам Бол. Ярней, Ярней-Седе-Ягах и на побережье Чешской губы. Пески мелко-, средне- и крупнозернистые с содержанием, %: SiO_2 — 89,7—97,0; Al_2O_3 — 2,0—5,3; Fe_2O_3 — 0,3—2,0.

Печорская синеклиза. Обладает некоторыми перспективами на кварцевые пески как юрского, так и мелового возраста, но точные сведения об их распространении и составе отсутствуют. Среди меловых отложений в бассейнах рек Ижмы и Усы известны горизонты морских, по-видимому, кварцевых песков аптского яруса. Состав их изучен слабо.

Московская синеклиза. В ее северной части известны среднеюрские кварцевые пески мелко-, редко среднезернистые. Из выявленных месторождений наиболее значительные: Колодовское, Тыбер-Ибское. Химический состав среднезернистых песков последнего месторождения следующий, %: SiO_2 — 93,40—96,64; Al_2O_3 — 1,65—2,55; Fe_2O_3 — 0,20—1,94.

Песчаные отложения позднеюрского возраста средне- и мелкозернистые; по химическому составу они лучше среднеюрских, %: SiO_2 — 93,90—98,20; Al_2O_3 — 0,60—4,06; Fe_2O_3 — 0,63—0,90.

Меловые отложения на севере Московской синеклизы развиты в бассейнах рек Сысолы, Камы и Вятки. Это — чередующиеся глины и пески. Состав последних кварцевый, но детально они не исследовались.

В центральной части Московской синеклизы развиты морские кварцевые пески позднеюрского возраста. Наибольший интерес представляют пески Люберецкого и Егановского месторождений. Они высокого качества и широко используются стекольной и литейной промышленностью. Для них характерны прекрасная сортировка материала, хорошая окатанность зерен кварца, содержание кремнезема достигает 99, а полевых шпатов не превышает 1—3%.

Меловые отложения развиты на территории Московской синеклизы шире, чем юрские. В разрезе раннего валанжина кварцевые пески присутствуют в бассейнах рек Волги, Москвы, Клязьмы, Оки. На юго-востоке Московской области они представлены мелко- и среднезернистыми разностями морских фаций. Содержание кремнезема в них 90,8—98,2%. Наиболее ценны Воскресенское, Климовское месторождения этих песков. Средневаланжинские пески в Московской области также мелко- и среднезернистые. Содержание кварца в них 98,5—99,6%. В северном и южном направлениях качество песков валанжинского яруса в отношении содержания вредных примесей ухудшается.

Аптские кварцевые пески, развитые в центре Московской синеклизы, относятся к морским фациям. Изучались они в бассейне верхней Волги, по рекам Москва и Клязьма (месторождения Пахомьевское, Шалобайкинское, Голиковское и др.). Пески преимущественно мелкозернистые, нередко слюдистые; содержание в них SiO_2 варьирует в пределах 96,15—99,80, Fe_2O_3 0,05—0,26%. Кварц составляет 90—97%, континентальные аптские пески Московской области содержат его до 99% (Голиковское, Куликовское месторождения).

Альбские пески преимущественно морские. Сравнительно чистые разности их содержат 97% SiO_2 и до 1,5% Fe_2O_3 (Тамбовское месторождение).

На юге Московской синеклизы аптские и альбские пески — мономинеральные кварцевые, количество полевых шпатов в них не превышает 4—5%, всегда присутствует глауконит (до 4%). Содержание SiO_2 более 97, Fe_2O_3 0,2—0,3%. Из месторождений следует отметить Латненское, Чириковское и Липецкое.

Сеноманские отложения, содержащие кварцевые пески, приурочены к бассейнам рек Суры, Мокши, Оки. Содержание SiO_2 в этих песках 90—97, Fe_2O_3 — 0,35% и выше (Сукремльское месторождение).

Балтийская синеклиза. Кварцевые пески известны здесь среди континентальных и морских отложений средне- и позднеюрского возраста, слагающих небольшие площади в долине р. Вента. Континентальные пески среднезернистые, редко крупнозернистые. Количество кварца в них 95—96% и более. Химический состав песков следующий, %: SiO_2 — 97,30—97,60; Fe_2O_3 — 0,022—0,30. Известно несколько месторождений таких песков, наиболее изученное Рудбаржи. Морские юрские пески (келловей) данного района мелкозернистые, со значительным содержанием глины, нередко известковистые.

Пески мелового возраста отсутствуют.

Саратовское Поволжье. Хотя юрские кварцевые пески здесь и имеются, разведанных месторождений их нет, структура и состав песков не исследованы. Апт-альбские кварцевые пески изучались в районе г. Саратова (Курдюмское, Трофимовское месторождения). Сеноманские сравнительно однородные кварцевые пески распространены повсеместно. С одним из участков связа-

месторождение Дачные остановки (г. Саратов). В песках этого месторождения кварц составляет 90—95, полевые шпаты достигают 7%. В песках Курдюмского месторождения присутствует 96,9, Саратовского — 96,10—98,7% SiO_2 .

Волго-Донское междуречье. В этом районе развиты кварцевые пески апта и альба. В разрезе апта, согласно данным А. В. Кузнецова и других, присутствуют разнозернистые до грубых (месторождение Карповское) и мелкозернистые (месторождения Болотовское, Воловское) пески. Содержание SiO_2 в них 94,30—97,9, Fe_2O_3 — 0,08—0,16%.

По составу альбские пески близки к аптским, но для них характерно значительное содержание глауконита. В толще их обычные линзы песчаников.

Прикаспийская синеклиза. Кварцевые пески здесь содержатся в разрезах средней юры и альба. Первые почти не изучены, но описаны как кварцевые. По данным М. М. Жукова и других, среди альбских континентальных отложений к востоку от 54° в. д. присутствуют мелко-, средне- и крупнозернистые пески с конкрециями песчаника. Известен ряд месторождений песков этого типа: Новороссийское, Акбулаксай.

Высокое Заволжье и Общий Сырт. Среднеюрские морские отложения на этой территории прослеживаются в виде полосы от г. Куйбышева до р. Урал. В районе Куйбышева они представлены мелкозернистыми и алевритистыми кварцевыми песками. Выявлено несколько месторождений таких песков, в том числе Ермаковское и Чапаевское. Химический состав песков следующий, %: SiO_2 — 95,60—98,74; Al_2O_3 — 0,40—2,85; Fe_2O_3 — 0,03—0,21.

Предкавказье. На этой территории кварцевые пески известны среди меловых (альб, редко апт) морских отложений. В. П. Ренгартен [32] охарактеризовал пески этого типа из района Майкопа, Кисловодска, Нальчика и ст. Прохладной как мелкозернистые кварцевые. Известны два месторождения меловых песков: Сыр-Тала и Песчаная. Химический состав песков, %: SiO_2 — 97,5—98,7; Al_2O_3 — 0,5; Fe_2O_3 — 0,2—1,06.

Урал. В этом регионе юрские песчаные отложения развиты достаточно широко, но наличие кварцевых разностей доказано только в лангурской свите средней—поздней юры. Химический их состав, по данным Ю. С. Горюнова и Н. В. Ренгартен, следующий, %: SiO_2 — 87,05—94,69; Al_2O_3 — 2,34—7,13; Fe_2O_3 — 0,43—0,69. Промывка песков показала резкое снижение количества глинозема, что объясняется концентрацией этих примесей в глинистой фракции, и позволила рассматривать эти пески как кварцевые.

Среди меловых отложений Урала продуктивными на кварцевые пески являются синарская свита апта—альба, мысовская свита сеномана и камышловская свита коньяка—кампана. Отложения синарской свиты распространены пятнами на Южном и Среднем Урале. Эти континентальные элювиально-пролювиальные образования заполняют обычно карстовые депрессии. Разведано од-

но месторождение таких песков — Волчанское. Оно сложено разнoзернистыми песками, состав которых, %: SiO_2 — 79,5—95,5; Al_2O_3 — 1,4—9,8; Fe_2O_3 — 0,2—4,0. Большая часть глинозема и соединений железа в этих песках заключается в глинистом материале.

Мысовская свита представлена также континентальными аллювиально-озерными отложениями. Среди них полевошпатово-кварцевые пески образуют линзы и сравнительно выдержанные горизонты. Материал песков плохо отсортирован, нередко встречается гравий. Мономинеральные кварцевые пески не известны.

Камышинская свита развита на территории Свердловской и Челябинской областей. Она содержит кварцевые пески (кварца до 96%); ими представлены месторождения Фроловское, Басьяновское, Мысовское и другие. Химический состав песков, %: SiO_2 — 86,3—98,5; Al_2O_3 — 0,3—6,2; Fe_2O_3 — 2,0.

Западно-Сибирская плита. Кварцевые пески юрского возраста в данном районе отсутствуют. Близкие к ним кварцево-полевошпатовые разности песков связаны с итатской свитой средней юры. Пески мелкозернистые, плохо сортированные. Химический состав их, судя по данным разведки Знаменского и Тамасукского месторождений, следующий, %: SiO_2 — 84,2—87,4; Al_2O_3 — 6,4—9,5; Fe_2O_3 — 0,3—1,2.

В меловых отложениях Западной Сибири кварцевых песков нет. Пески раннемелового возраста Чулымо-Енисейского района характеризуются содержанием 76—85% SiO_2 и 2,5—6,5 Al_2O_3 . Исключение представляют пески симоновской свиты сеномана — турона Касской впадины. В них содержание кремнезема, по данным А. М. Глушкова, достигает 90,7, глинозема 5,5%.

Тургайский прогиб. На севере прогиба, в долине р. Аять, на поверхность выходят песчаные отложения морского мелководья, относящиеся к кампанскому ярусу. Они слабо изучены, но А. П. Сычов с учетом их образования за счет продуктов химического выветривания кислых пород Урала предполагает кварцевый состав песков. Продуктивными на пески различной крупности являются отложения альбского яруса, развитые вдоль восточного склона Мугоджар и в северной части Чушкакульской антиклинали. Отложения позднего мела в долине р. Сарысу также имеют кварцевые пески. Однако распространение и качество их в пределах Тургайского прогиба и смежных с ним территорий не установлены.

К каратауской свите (поздний мел) на юго-востоке Кызылкума приурочены Дорткудук-Нурасинское и Карактауское месторождения кварцевых песков. Пески их мелко- и среднезернистые. Химический состав песков, %: SiO_2 — 90,23—92,06; Al_2O_3 — 4,27—6,27; Fe_2O_3 — 0,26—0,35.

На территории Приташкентских Чулей, к западу от г. Ташкента, и по юго-западному склону хр. Каратау меловые морские и континентальные отложения выходят на поверхность в ядрах и крыльях антиклиналей. Среди этих отложений имеются залежи

полевошпатово-кварцевых и кварцево-полевошпатовых песков. Качество их изучено слабо.

Центральный Казахстан. Здесь продуктивными в отношении кварцевых песков являются, по-видимому, континентальные отложения позднего мела. Это доказывается результатами исследований, проводившихся южнее г. Карсакая и по северному борту Илийской впадины, где выявлены месторождения кварцевых песков Малай-Сары, Разъезд 64 и Калканское. По данным И. И. Деонисьяка, А. В. Гольбрейха, в песках содержится, %: SiO_2 — 80,0—94,0; Al_2O_3 — 1,9—13,9; Fe_2O_3 — 0,28—7,49.

Тянь-Шань и Восточная Фергана. На этой территории известны кварцевые пески как раннеюрского, так и мелового возраста. К первым относится Согутинское месторождение (район оз. Иссык-Куль). Пески его содержат, %: SiO_2 — 90,4—94,0; Al_2O_3 — 4,5—5,9; Fe_2O_3 — 0,12.

На территории Ферганы кварцевые мелкозернистые пески известны среди позднеюрских отложений. Судя по данным разведки месторождений Кок-Янгак, Нарынского и других, пески содержат, %: SiO_2 — 88,10—94,28; Al_2O_3 — 3,25—5,61; Fe_2O_3 — 0,17—1,20.

Раннемеловые отложения (альб) южного склона Гиссарского хребта и долины р. Вахш включают мелко- и среднезернистые пески (песчаники) олигомиктового и полимиктового состава. Выявлено Ташкутанское месторождение этих песков, содержащих 78,0—93,0% SiO_2 и 5,0—10,0 Al_2O_3 . Перспективы обнаружения песков лучшего качества не ясны.

Сибирская платформа. Выделяемые площади распространения кварцевых песков юрского возраста приурочены к территориям, сложенным кварцевыми песчаниками палеозоя, в частности ордовика, за счет материала выветривания которых они и образовались. Наиболее чистыми кварцевыми песками ранней юры представлено Тулунское месторождение, расположенное в Иркутской депрессии. Отлагались эти пески в озерных условиях, среди них имеются как крупнозернистые, так и среднезернистые разновидности. Химический состав последних следующий, %: SiO_2 — 92,00—97,40; Al_2O_3 — 0,80—5,0; Fe_2O_3 — 0,15—1,50.

В Рыбинской впадине пески того же возраста в основном плохо сортированы и обогащены полевыми шпатами. Однако на юге впадины установлены мелко- и среднезернистые пески, по-видимому, кварцевого состава. Полных данных о качестве этих песков нет.

Меловые отложения в пределах Сибирской платформы (Вилуйская синеклиза) включают близкие к олигомиктовым пески, с содержанием кварца, по данным А. Е. Киселева, до 80%. Мономинеральные пески не известны.

Из краткого обзора данных о кварцевых песках мезозойской эры следует, что наиболее широко развиты они среди раннеюрских и раннемеловых (включая альб) отложений. Менее типичны позднемеловые кварцевые пески, исключение представляют богатые кварцем пески и песчаники триасового и позднеюрского вре-

мени. Такая стратиграфическая приуроченность кварцевых песков указывает на связь их формирования с триасово-раннеюрской и раннемеловой эпохами корообразования.

КАИНОЗОИ

Кварцевые пески этой группы распространены шире, чем предыдущих. Формирование их связано с тремя эпохами корообразования: мел-палеогеновой, олигоцен-миоценовой и плиоцен-четвертичной. Пески первой эпохи приурочены к толщам, датированным концом мела (точнее датского яруса), палеоценом, эоценом, олигоценем. К олигоцен-миоценовой эпохе корообразования следует, по-видимому, относить пески конца олигоцена, миоцена и большей части плиоцена, до куяльницкого яруса включительно. Образование, связанные с обеими эпохами, известны во многих районах европейской и азиатской частей СССР.

На Русской платформе кварцевые пески, связанные с мел-палеогеновой эпохой корообразования, относятся к палеоцену, эоцену, отчасти к олигоцену. В Приуралье, Зауралье и Примугоджарье они заключаются в толще палеоценовых и эоценовых образований. На территории Западно-Сибирской плиты кварцевые пески известны в восточной части региона среди отложений датского яруса (Чулымо-Енисейский район); на юге плиты — в составе кусковской свиты эоцена (Томское поднятие); пески атлымской, новомихайловской, туртасской свит начала олигоцена развиты также в восточной части плиты. На территории Сибирской платформы кварцевые пески установлены пока только на ее северо-востоке: в Куранахском грабене Алданского щита, Линденской впадине Приверхоянья, в Прибайкальском и Приенисейском прогибах. В пределах складчатого обрамления платформы залежи кварцевых песков, представляющие собой скопления элювия докембрийских песчаников, известны в ряде пунктов Байкальской складчатой области и Енисейского кряжа.

На территории восточной части Тургайского прогиба, юга Туранской плиты и прилегающих к ней с юга складчатых систем кварцевые пески, относящиеся к рассматриваемой эпохе, присутствуют среди эоценовых отложений (сузакский, алайский ярусы, саксаульская свита). Эоценовый возраст имеют и пески восточной части Центрального Казахстана, а также Южной Ферганы. В Копет-Даге известны месторождения кварцевых песков, относящиеся к палеоцен-эоцен-олигоценным отложениям.

Мел-палеогеновая эпоха

Русская платформа. В южной части этой территории корообразование проявилось наиболее отчетливо. На границе мела и палеогена располагается так называемый хоперский горизонт, представляющий собой комплекс элювиальных и осадочных образований, характерных для интенсивного проявления химиче-

ского выветривания. В центре Русской платформы выветривание имело, по-видимому, не меньшую интенсивность, но затем элювий был разрушен, а образовавшийся материал послужил основой для формирования палеогеновых отложений, в частности кварцевых песков Ульяновско-Саратовского прогиба и Днепровско-Донецкой впадины. На территории первого из названных районов кварцевые пески слагают большую часть нижнесызранской подсвиты и камышинской свиты палеоцена. Это — дельтовые и прибрежно-морские отложения; материал для них поступал главным образом с северо-запада Русской платформы. Пески нижнесызранской подсвиты имеют лучший состав на севере прогиба. Здесь ими сложены Лобановское, Балашейское, Ташлинское месторождения. По материалам разведки последнего видно, что пески среднезернистые, в них содержатся, %: SiO_2 — 99,25—99,80; Al_2O_3 — 0,09—0,61; Fe_2O_3 — 0,04—0,60. Это крупное месторождение обеспечивает высококачественным сырьем многие стекольные и литейные заводы не только европейской, но и азиатской частей СССР.

Камышинская свита развита южнее г. Саратова, к ней приурочено Камышинское месторождение средне- и мелкозернистых песков, химический состав которых, %: SiO_2 — 97,0—99,1; Fe_2O_3 — 0,14—0,50.

В Днепровско-Донецкой впадине песками палеоцен-эоценового возраста сложена значительная часть разреза каневской свиты. Почти повсеместно пески скрыты под более молодыми отложениями, обнажаясь в бассейне р. Дона и в среднем течении р. Днепра у г. Канева. Пески отлагались в морских условиях. Они мелкозернистые, алевитистые. Минеральный состав их, по данным М. Н. Ключникова и Н. М. Барановой, характеризуется содержанием 70—95% кварца, до 10—15% полевых шпатов, всегда в них присутствует глауконит. Промышленностью они не используются.

Следующим стратиграфическим уровнем, к которому приурочены кварцевые пески, связанные с мел-палеогеновой эпохой коробразования, является бучакская свита, развитая на юге платформы. Она сложена континентальными и морскими образованиями. В пределах Украинского массива континентальные отложения ее выполняют депрессии в кристаллическом фундаменте и являются нижним горизонтом палеогена. Залегание бучакских отложений непосредственно под четвертичным покровом наблюдается в бассейне р. Днепра, на юге Харьковской области, в районе г. Пологи, а также в долинах рек северной части территории их развития (рис. 25).

Кварцевыми мелко-, средне- и крупнозернистыми песками сложен ряд месторождений бучакского возраста: Гусаровское, Бантышевское, Миллеровское и другие. Химический состав песков указанных месторождений, %: SiO_2 — 90,9—99,4; Al_2O_3 — 0,3—2,8; Fe_2O_3 — 0,01—1,50. Столь значительное разнообразие состава зависит главным образом от переменного количества глинистого материала.

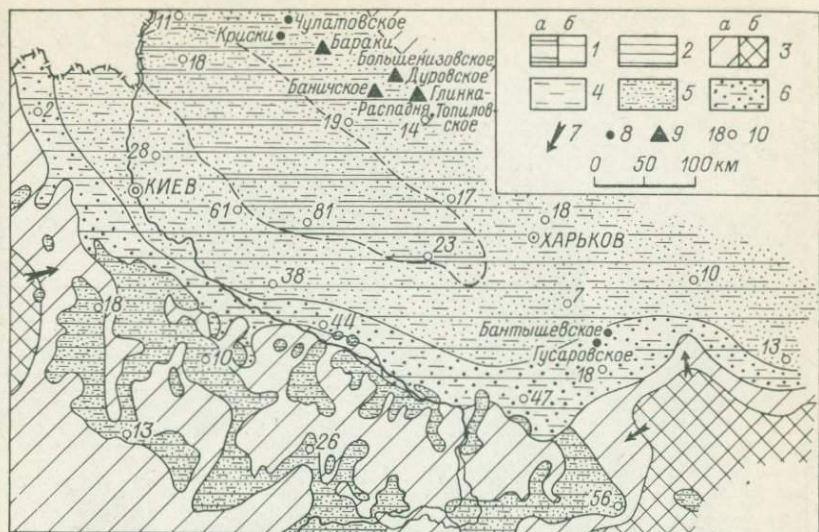


Рис. 25. Литолого-палеогеографическая схема восточной части Украины в среднем эоцене (бучакский век). По Л. Н. Ротману, В. Т. Сябряю.

1 — море (а — глубокое, б — мелкое); 2 — равнина низкая аккумулятивная; 3 — плато (а — низкое, б — высокое); 4 — глины; 5 — песчано-глинистые осадки (с включением тел кварцитов неправильной формы); 6 — пески крупно- и среднерзернистые; 7 — направление сноса обломочного материала; 8—9 — месторождения (8 — кварцевых песков, 9 — кварцитов); 10 — скважины и полная мощность осадков, м.

Существенное значение имеют также пески, слагающие значительную часть харьковской свиты, относящейся к основанию олигоцена. Они мелкозернистые, являются типичными морскими осадками, содержащими большое количество глауконита. Однако при выветривании последний разлагается и пески становятся кварцевыми. Этот процесс развит широко, харьковская свита в большинстве районов является источником кварцевого материала песков полтавской серии, о чем сказано ниже. Поэтому разделение харьковских и полтавских отложений проводится условно. В литературе указано, что харьковскими песками сложены многие месторождения: Трудовское, Положское, Матвеево-Курганское и другие. Для химического состава песков характерно содержание, %: SiO_2 — 80,1—99,4; Al_2O_3 — 0,5—5,0; Fe_2O_3 — следы — 7,3.

Олигоцен-миоценовая эпоха

С этой эпохой корообразования здесь связаны кварцевые пески полтавской серии. Она представляет собой полифациальный элювиально-осадочный комплекс отложений, в котором пески играют доминирующую роль. Основное развитие олигоцен-миоценовые отложения имеют на территории прогиба Большого Донбасса, но прослеживаются к северо-востоку и северу далеко за его пределами, вплоть до Прибалтики (рис. 26, 27) [17]. На Украине

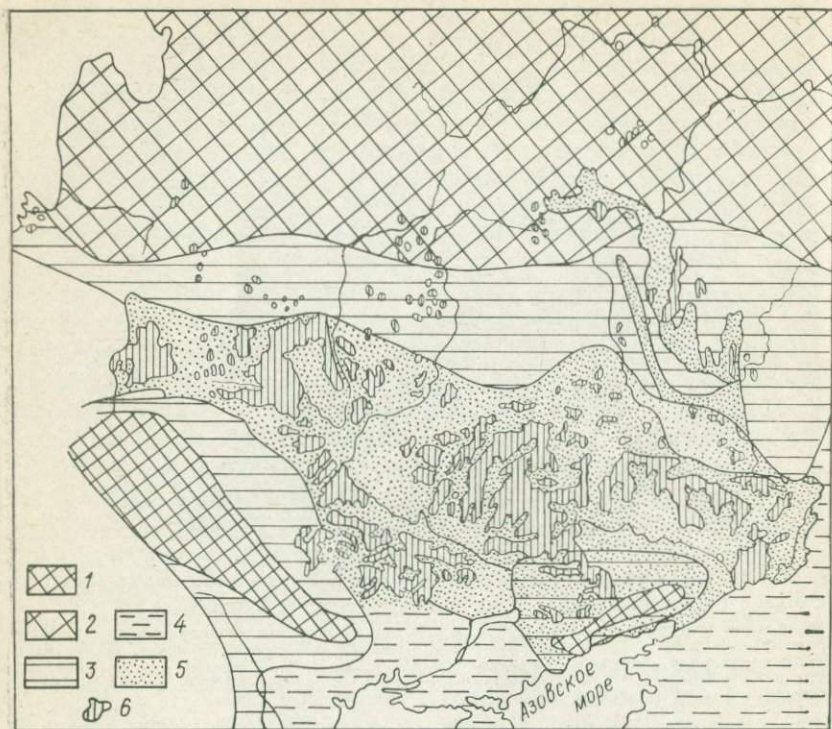


Рис. 26. Схема распространения отложений полтавской серии и ее аналогов. Составлена Г. Л. Миропольской по данным Атласа литолого-палеогеографических карт [1967 г.], В. И. Балтакиса [1960 г.], Н. М. Грищенко [13], Ю. И. Иосифовой [17], С. С. Манькина и других.

1 — горная суша; 2 — равнинное плато; 3 — прибрежная равнина, временами заливавшаяся морем; 4 — область опускания и осадконакопления (мелкое море); 5 — область предполагаемого развития осадков полтавской серии; 6 — участки современного распространения пород полтавской серии и ее аналогов.

полтавскую серию подстилает харьковская свита, в отложения которой она переходит через горизонт элювия, представленного обычно глинисто-кварцевыми продуктами с меняющимся содержанием глауконита. Интересно, что в приконтактных отложениях полтавской серии обычно содержатся большое количество углистых остатков и даже залежи бурых углей [1].

Пески полтавской серии повсеместно кварцевые, мелкозернистые, состоящие из удовлетворительно и хорошо сортированного, но плохо окатанного материала. Отложения этой свиты довольно подробно описаны в литературе, поэтому мы отметим только, что, образуясь в большинстве случаев за счет продуктов выветривания олигоценовых (харьковских) глауконитовых песков, они являются надежным репером, точно определяющим время олигоцен-миоценовой эпохи корообразования. Месторождения песков полтавской серии многочисленны. В пределах Днепровско-Донецкой

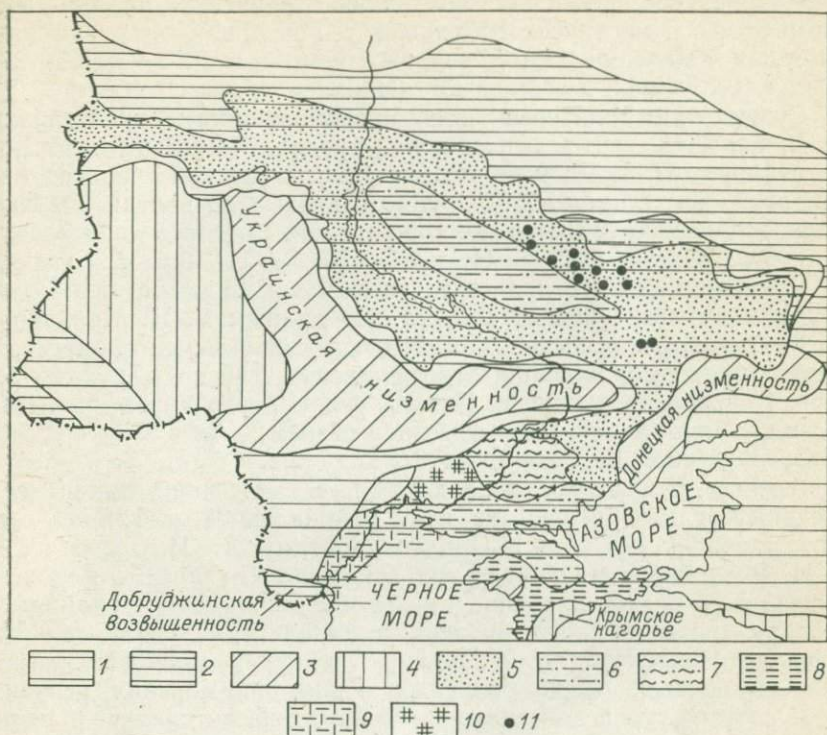


Рис. 27. Литолого-палеогеографическая схема юго-западной части Русской платформы в олигоцене-миоцене (полтавский век).

1 — море; 2 — равнина прибрежная, временами заливавшаяся морем; 3 — равнина низменная, аккумулятивная; 4 — равнина возвышенная и плато; 5—10 — отложения (5 — пески, 6 — то же, чередующиеся с алевритами, 7 — то же, чередующиеся с глинами, 8 — алевриты, 9 — алевриты, чередующиеся с песками и глинами, 10 — глины, чередующиеся с песками и алевритами); 11 — месторождения кварцевых песков.

впадины к ним относятся Новоселовское, Авдеевское, Часовъярское, Трудовское и другие. Для химического состава этих песков характерно содержание, %: SiO_2 — 90,2—99,1; Al_2O_3 — 0,13—3,53; Fe_2O_3 — 0,28 и меньше.

К северу от Украинского кристаллического массива песками аналогичного возраста сложены следующие месторождения: Глебовское Белоруссии, Янтарное Калининградской области, Аникщайское Литвы и т. д. Содержание кремнезема в песках этих месторождений достигает 99,2, глинозема — до 0,5%.

Причерноморская впадина. Этот район Русской платформы сравнительно богат кварцевыми песками. Возраст их преимущественно неогеновый — сарматский, мэотический, куяльницкий и понтический.

Пески сарматского яруса изучались на юге Украины и Ростовской области. Известны месторождения Ореховское, Березнеговатая и другие. На этих же территориях выявлены Хапоровское,

Саперниковское и т. п. месторождения мезотических песков. Пески сарматского и мезотического возрастов, как правило, мелкозернистые; они характеризуются содержанием, %: SiO_2 — 88,6—97,7; Al_2O_3 — 0,13—2,62; Fe_2O_3 — 0,06—0,52.

Существенный интерес для промышленности представляют пески балтской свиты, относящейся предположительно к понтическому ярусу [61]. Помимо мелкозернистых песков среди отложений этой свиты имеются и крупнозернистые разности: Осичное, Александровское и другие месторождения. Состав песков следующий, %: SiO_2 — 93—96; Al_2O_3 — 0,5—3,0; Fe_2O_3 — 0,5—2,2.

Куяльницкий ярус представлен кварцевыми песками в Присивашье и по левобережью Днепра. По данным Г. И. Малявко и И. Г. Пидопличко, пески относятся к аллювиальным фациям. Известен ряд месторождений, относящихся к этой толще: Николаевское, Каировское и другие. Пески куяльницкого яруса преимущественно мелкозернистые с содержанием, %: SiO_2 — 93—99; Al_2O_3 — 0,3—2,9; Fe_2O_3 — 0,1—2,6.

Волго-Донское междуречье. Песчано-глинистые и песчаные отложения неогена этого района ранее относились только к плиоцену [13 и др.]. Однако работами С. И. Застрожнова, Г. Н. Родзянко и многих других доказано, что помимо плиоценовых здесь большое значение имеют миоценовые образования: гуровская свита среднего миоцена и иловлинская свита верхнего. Первая сформировалась в условиях морского мелководья, вторая — в речных, озерно-болотных и лиманно-морских условиях.

В составе гуровской свиты отмечаются пески средне- и мелкозернистые с примесью гравийно-галечного материала. Эти пески перекрываются глинами с друзами гипса и гнездами ярозита.

Иловлинская свита сложена кварцевыми разнозернистыми песками с галькой карбонатных пород в основании, сменяющихся вверх по разрезу глинами с многочисленными отпечатками растений. Верхи свиты представлены толщей желтых мелкозернистых кварцевых песков, на которые ложатся темно- и зеленовато-серые глины. Венчают разрез миоцена морские кварцевые мелкозернистые пески, переходящие в глины.

Осадки плиоцена, к которым относится толща ергенинских песков, представлены двумя комплексами. Нижний (понтический — куяльницкий века) сложен темно-серыми песками с глинами, богатыми растительными остатками. В составе верхнего комплекса, относящегося к акачагельскому веку, кварцевые пески желтого и бурого цвета, хорошо промытые или загрязненные глиной.

Характеристика вещественного состава песков неогена описываемого района дается только для нижней части разреза.

По гранулометрическому составу эти пески мелкозернистые, редко средне- и крупнозернистые. Химический их состав (месторождения Булгуриновское, Любимовское, Бекетовское, Орловское, Чапуриновское) следующий, %: SiO_2 — 87,90—98,76; Al_2O_3 — 0,16—6,04; Fe_2O_3 — 0,14—2,16. Минеральный состав характеризуется содержанием, %: 93—98,5 кварца, 0,8—6 полевых шпатов и

0,0—3 глауконита. Изучение обогащаемости, проведенное для песков Любимовского и Бекетовского месторождений, показало, что в результате флотации резко уменьшается содержание окислов железа: с 0,155 до 0,07% для Любимовского и с 0,09 до 0,03% для Бекетовского месторождений. Имеющиеся данные свидетельствуют, что для производства высокопрозрачных стекол пески требуют сложного обогащения.

Кавказ — Крым — Карпаты. Кварцевые пески в этом регионе развиты главным образом на равнинных территориях, прилегающих к горным сооружениям, и в предгорьях. Стратиграфически близкими к полтавской серии здесь являются тортонские пески. В Предкавказье к ним относятся пески, слагающие чокракский горизонт, с содержанием 98% и более кремнезема (месторождения Присулакское, Капчугайское), а также караганский горизонт. К последнему относятся месторождения Карабудахкентское, Ачису, Серное и другие. Пески содержат, %: SiO_2 — 96,60—98,10; Al_2O_3 — 0,30—1,50; Fe_2O_3 — 0,09—0,30. Известны кварцевые пески в пределах Ставропольского поднятия, но по качеству они хуже указанных выше. Содержание глинозема в них достигает 7, окислов железа 3%.

На территории Крыма заслуживают внимания пески сарматские и киммерийские. Первые, мелкозернистые, известны только на Керченском полуострове. Химический состав их следующий, %: SiO_2 — 96,6—97,10; Al_2O_3 — до 1,2; Fe_2O_3 — до 0,3. Вторые распространены на Керченском и Таманском полуостровах. Верхняя часть разреза киммерийского яруса (надрудные слои) наиболее богата кварцевыми песками: месторождения Сенновское, Таманское, Варениковское. Пески также мелкозернистые, алевритистые.

В Предкарпатье продуктивным на кварцевые пески является в основном опольский горизонт раннего тортона (рис. 28). С ним связаны Великоглебовское, Воронецкое, Задворьевское, Старосельское и другие месторождения крупно-, средне- и мелкозернистых песков. Содержание кварца в них 86—95, полевых шпатов до 12%; всегда в них присутствует глауконит. Химический состав, %: SiO_2 — 87—97; Al_2O_3 — 0,1—1,3; Fe_2O_3 — 0,01—1,16.

Приуралье и Западно-Сибирская плита (рис. 29). В этом районе кварцевые пески (до мономинеральных) относятся к буроугольной серии миоцена (?). В качестве примера можно привести Тумашевское месторождение Западной Сибири, где пески мелкозернистые, в среднем содержащие SiO_2 — 95,5; Al_2O_3 — 1,0—3,0; Fe_2O_3 — до 2,0.

Примугоджарье, Приуралье. На территории этих регионов эоценовые образования представлены морскими и континентальными фациями кварцевых песков (рис. 30). Саксаульская свита, сложенная этими песками, преимущественно континентальными, занимает верхнюю часть разреза. Мощность толщи достигает 30 м. Выявлен ряд месторождений: Мугоджарское, Ставропольское, Джаман-Уркач и другие. Пески в основном мелко- и среднезернистые. Химический состав, по данным В. Н. Щербины,

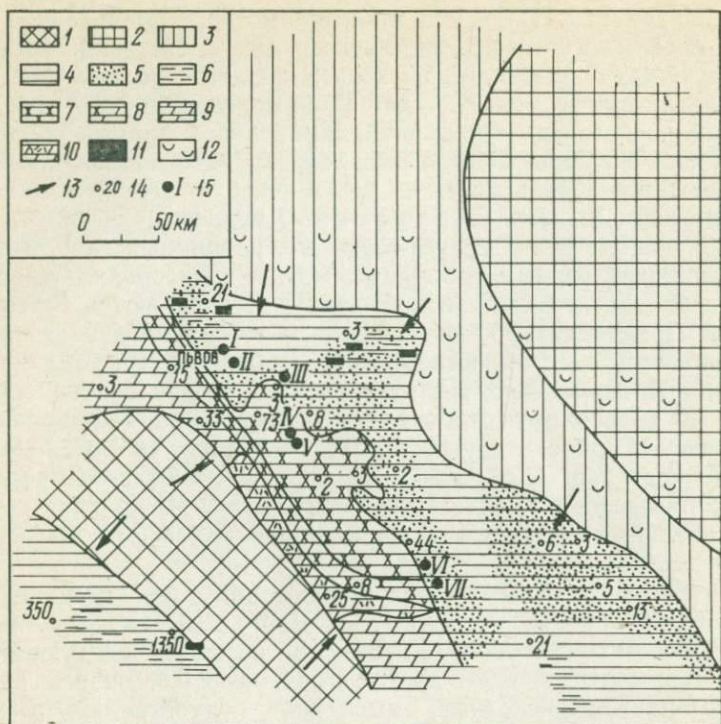


Рис. 28. Литолого-палеогеографическая схема западной части Украины в миоценовую эпоху (тортонский век). По В. Я. Дидковскому, Т. И. Малявко, О. А. Сорочану.

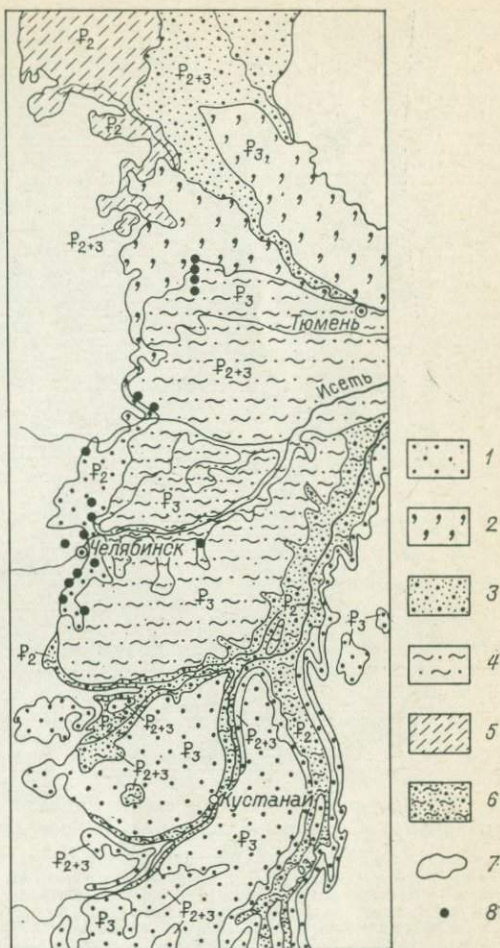
1 — горы; 2—3 — плато (2 — высокое, 3 — низкое); 4 — море; 5—11 — отложения (5 — пески, 6 — глины, 7 — песчаники, 8 — песчаники, переслаивающиеся с мергелями, 9 — мергели, 10 — мергели с прослоями туфового материала, 11 — угли бурые); 12 — кора выветривания; 13 — направление сноса обломочного материала; 14 — скважины и полная мощность осадков, м; 15 — месторождения кварцевых песков: I — Глинское и Новоскваревское; II — Львовское, Кривчицкое, Львов-Знесенское, Сиховское и Суходольское; III — Варваницевское, Ясеновцевское, Туровское; IV — Воронежское, Клещевнянское, Рудское; V — Ловченское, Чесниковское, Перенивское; VI — Угриньковецкое, Блищанское; VII — Кизия, Мытковское, Баламутовское, Окновское, Онут-I, Онут-II.

А. Г. Москвиченко, Е. П. Курбако, следующий, %: SiO_2 — 96,70—98,20; Al_2O_3 — 0,08—1,02; Fe_2O_3 — 0,06—1,42.

Туранская плита. Толща песков среднего эоцена известна в пределах Приташкентских Чулей (рис. 31) в образованиях алайского яруса, которые делятся на три горизонта: нижний, средний и верхний. Мощность верхней части нижнего горизонта, сложенного мелкозернистыми песками, — 6—25 м. К ним приурочены месторождения Дарбазинское, Майское и другие. Пески средне- и мелкозернистые, иногда алевритистые. Химический состав, по данным П. Т. Баранова, Т. А. Матвеевой, А. В. Гольбрейх и других, следующий, %: SiO_2 — 90,42—97,46; Al_2O_3 — 1,29—5,37; Fe_2O_3 — 0,23—1,08.

Рис. 29. Распространение, минеральный состав и структура песков палеогена Зауралья. По А. М. Цехомскому, Д. И. Карстенс, Л. М. Петрунькиной.

1—6 — пески: 1 — каолинито-кварцевые крупнозернистые; 2 — кварцевые средне- и мелкозернистые; 3—5 — кварцевые и полевшпатово-кварцевые (3 — мелко- и среднезернистые, 4 — мелко- и тонкозернистые, со значительной примесью глинистого материала, 5 — разнозернистые, преимущественно мелкозернистые с глинами); 6 — полевшпатово-кварцевые средне- и крупнозернистые, с примесью кремнистых агрегатов; 7 — граница распространения песков; 8 — месторождения песков.



Центральный Казахстан. Здесь палеоцен-эоценовые образования представлены морскими и континентальными отложениями: алевролитами, песчаниками, конгломератами, песками и глинами. По данным Н. Н. Костенко, К. В. Никифоровой, Б. Е. Антыпко, мономинеральные кварцевые пески присутствуют только среди морских и континентальных отложений верхнего эоцена (рис. 32).

Пески континентального генезиса представлены алевритистыми мелко-, средне- и крупнозернистыми разновидностями (месторождения Майсорское, Экибастузское). По данным Д. И. Карстенс, Т. В. Сакулиной и других, химический состав этих песков следующий, %: SiO₂ — 89,74—97,19; Al₂O₃ — 0,97—6,59; Fe₂O₃ — 0,13—0,55.

Морские отложения эоцена представлены среднезернистыми, местами крупно- и мелкозернистыми разностями с высоким содер-

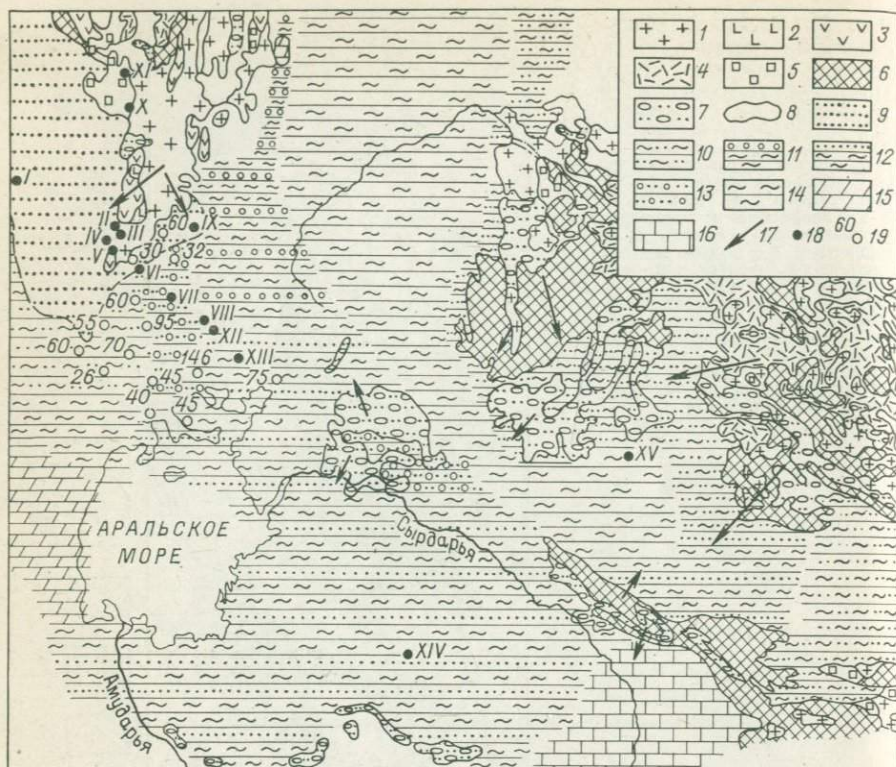


Рис. 30. Литолого-фациальная схема Западного и Восточного Примугоджарья, Приаралья и Сарысу-Чуйской впадины позднего эоцена (саксаульская свита). По М. И. Александровой, М. А. Иванову и другим.

Область сноса: 1 — граниты и гнейсы; 2 — основные магматические породы; 3—4 — эффузивы (3 — смешанного состава, 4 — кислого состава); 5 — метаморфические и осадочные преимущественно кварцсодержащие породы; 6 — преимущественно карбонатные породы; 7 — конгломераты, песчаники, песчано-глинистые породы; 8 — границы (современные) выхода палеозойских и мезозойских пород. *Область накопления:* 9 — континентальные отложения (пески кварцевые мономинеральные средне-, мелкозернистые, как исключение, крупнозернистые); 10—16 — морские отложения (10 — песчано-глинистая толща: пески кварцевые мономинеральные мелкозернистые, 11 — глины песчаные, в основании — горизонт кварцевых мономинеральных средне-, мелко-, редко крупнозернистых песков, 12 — песчаные глины, в основании — горизонт кварцевых мономинеральных мелко- и среднезернистых песков, 13 — пески кварцевые мономинеральные средне-, мелко-, реже крупнозернистые, 14 — глины, 15 — мелоподобные белые, красные и бурые мергели, 16 — глинисто-песчаные и карбонатные отложения); 17 — направление сноса терригенного материала; 18 — месторождения песков: I — Старопольское; II — Айрюк; III — Джаман-Уркач; IV — Джаман-Чоко; V — Кайрак-Чоко; VI — Каульджур; VII — Челкар; VIII — Туспюк, Мамбетсасбулак; IX — Актугай; X — Джангиз-Агач; XI — Анастасьевское, Саздасай; XII — Чубар-Джилга; XIII — Нокусу; XIV — Кугаяузское; XV — Чулак-Эспе; 19 — мощность саксаульской свиты, м.

жанием кварца (97—100%). В них присутствуют, %: SiO_2 — 96,00—99,86; Al_2O_3 — 0,22—3,96; Fe_2O_3 — 0,024—0,86.

Тянь-Шань. На территории Южной Ферганы сузакский ярус эоцена представлен кварцевыми мономинеральными и полевошпатово-кварцевыми песками (рыхлыми песчаниками). К ним приурочены месторождения Сулюкта, Караул и другие. Пески характеризуются таким химическим составом, %: SiO_2 — 91,86—

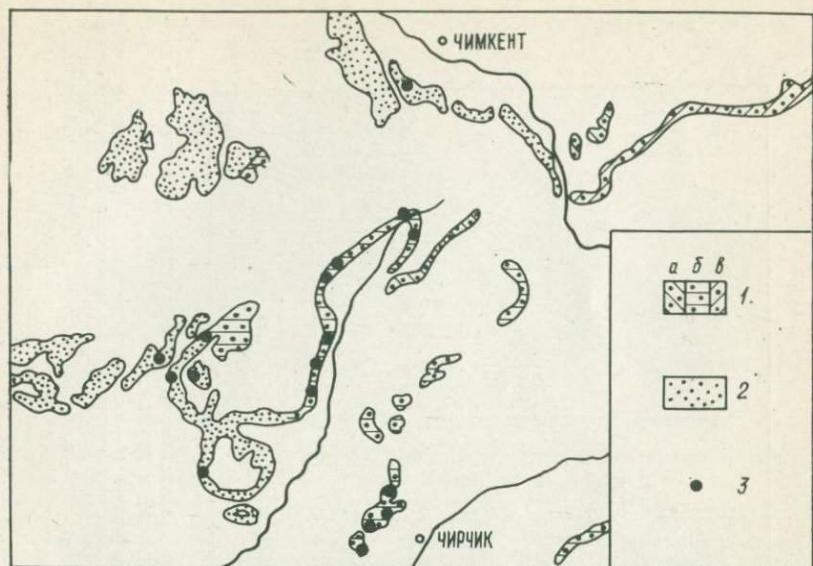


Рис. 31. Ожидаемое качество и условия залегания песков, связанных с отложениями алайского яруса среднего эоцена на территории Приташкентских Чулей. По П. Т. Барановой, А. В. Гольбрейх, С. Х. Миркамаловой, Л. М. Петрунькиной, А. М. Цехомскому.

1—2 — аллювиально-морские отложения, вмещающие пластообразные залежи и крупные линзы: 1 — кварцевых мономинеральных песков (а — преимущественно мелкозернистых, $Fe_2O_3=0,3\%$ и выше, б — среднезернистых, $Fe_2O_3=0,2 \pm 0,3\%$ и выше, в — преимущественно средне- и тонкозернистых), 2 — полевошпатово-кварцевых песков, преимущественно тонкозернистых, $Fe_2O_3=0,3\%$ и выше; 3 — месторождения.

97,66; Al_2O_3 — 1,04—4,30; Fe_2O_3 — 0,16—0,32. Они сложены мелко- и среднезернистыми разностями. На территории Центрального Копет-Дага олигоценовые отложения представлены алевритистыми полевошпатово-кварцевыми песчаниками морского генезиса. Здесь известно Бахарденское месторождение, химический состав песков которого, %: SiO_2 — 77,86—92,36; Al_2O_3 — 2,16—9,10; Fe_2O_3 — 0,18—0,50.

Палеоценовые отложения бухарского яруса Гяурской антиклинали (рис. 33) представлены олигомиктовыми песчаниками мелко-, средне- и крупнозернистыми, местами грубозернистыми.

Раннеэоценовые песчано-глинистые мелко- и среднезернистые отложения слагают Баба-Дурмазское месторождение. Химический состав этих отложений, %: SiO_2 — 65,50—84,18; Al_2O_3 — 5,07—8,86; Fe_2O_3 — 0,12—1,01.

Приамурская область. На территории Зейско-Буринской депрессии кварцевые пески известны в составе сазанковской свиты олигоцен-миоценового возраста (рис. 34). К ней приурочены все известные здесь месторождения кварцевых (Дармаканское, Буринское и др.), а также кварцево-каолиновых песков (Чалганское и Новинское) [57].

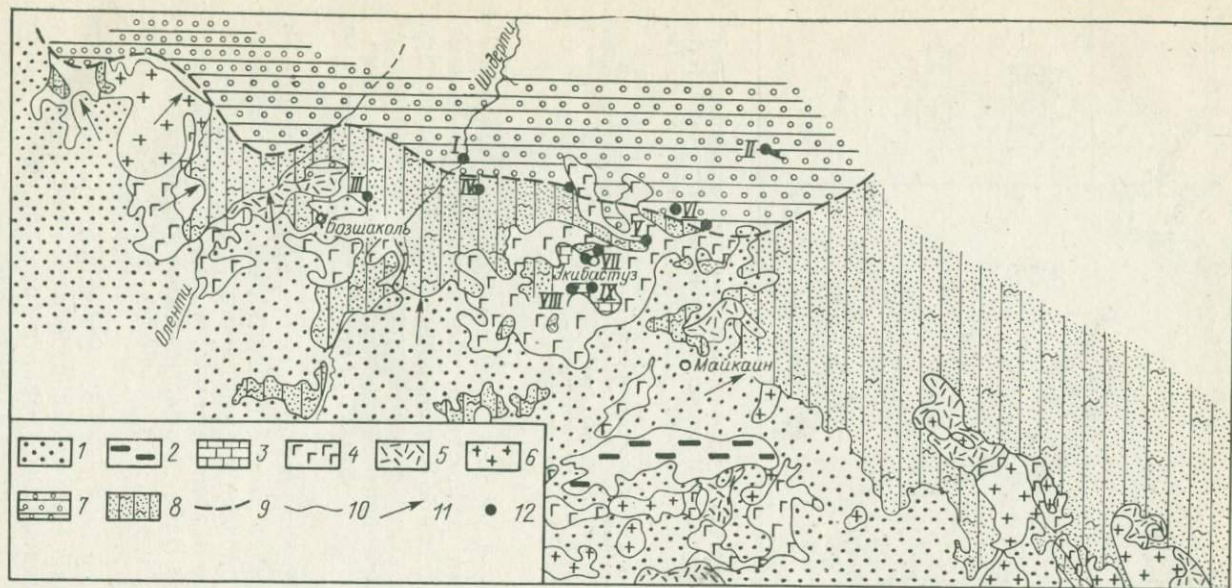


Рис. 32. Литолого-фациальная схема северо-восточной части Центрального Казахстана и прилегающих районов Западной Сибири в эоцене. По М. И. Александровой, Б. Е. Антылко, Л. И. Боровиковой и другим.

Область сноса: 1 — песчаники; 2 — угленосные отложения; 3 — известняки; 4—5 — эффузивы (4 — основного состава, 5 — кислого состава); 6 — интрузии гранитоидов. Область накопления: 7 — морские песчаные отложения с пластами кварцевых мономинеральных преимущественно средне- и мелкозернистых песков; 8 — континентальные песчаные отложения с пластами преимущественно мелко- и тонкозернистых кварцевых мономинеральных песков с примесью каолина; 9 — граница эоценового моря; 10 — современная граница выходов палеозойского фундамента; 11 — направление сноса; 12 — месторождения песков: I — Сасайское, II — Калкаманское, III — Майсорское, IV — Акджарское, V — Атагайское, VI — Карасорское, VII — Экибастузское, VIII — 3-й угольный разрез, IX — Карабиданское.

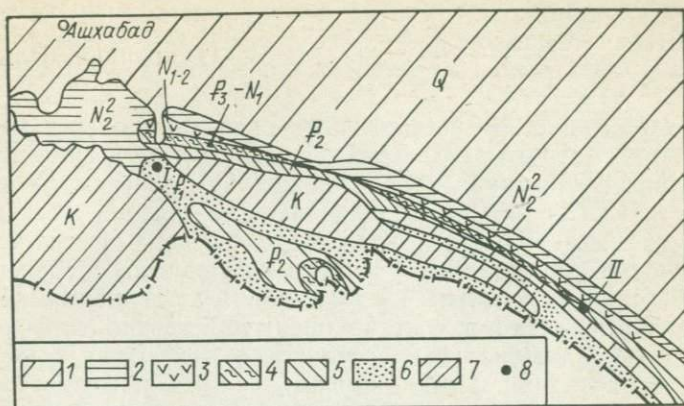


Рис. 33. Схематическая геологическая карта Гяурской антиклинали Копет-Дага. По П. К. Чихачеву, Н. П. Луппову, М. П. Сукачеву и другим.

1—7 — отложения: 1 — песчано-глинистые четвертичные; 2—4 — песчано-конгломератные и глинистые (2 — позднего плиоцена, 3 — миоцена-плиоцена, 4 — олигоцена-миоцена); 5 — песчано-глинистые эоцена; 6 — песчаники палеоцена; 7 — песчано-глинисто-карбонатные мела; 8 — месторождения частично выветрелых песчаников (I — Калининское, II — Баба-Дурмазское).

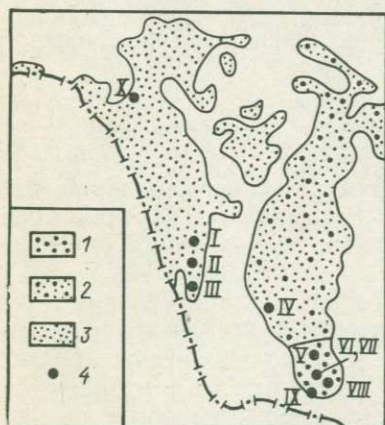


Рис. 34. Схема распределения песков сазанковской свиты олигоцена-миоцена различного состава в Зейско-Бурейнской депрессии. По В. М. Довгалеву, А. М. Цехомскому и Л. М. Петрунькиной [57].

1 — кварцевые мономинеральные пески с преобладанием крупно- и среднезернистых ($Fe_2O_3=0,2 \pm 0,3\%$ и выше); 2 — полевощпатово-кварцевые разноминеральные пески с преобладанием крупно- и среднезернистых ($Fe_2O_3=0,3\%$ и выше); 3 — то же, с преобладанием мелко-, реже крупнозернистых ($Fe_2O_3=0,3\%$ и выше); 4 — месторождения песков: I — Малосазанковское; II — падь Абрашиха; III — Новинское; IV — Екатеринославское; V — Тюканское; VI — Антоновское; VII — Южный Прогресс; VIII — Бурейское; IX — Дармаканское; X — Чалганское.

Плиоцен-четвертичная эпоха

Плиоценовые и четвертичные образования в СССР формировались в обстановке общего похолодания, а во многих регионах и аридизации климата. Химическое выветривание проявлялось локально. Интенсивность его в неоген-четвертичную эпоху корообразования была ниже, чем в предыдущие эпохи. Это наряду с возросшей тектонической активностью альпийского цикла определило сравнительную бедность этих отложений кварцевыми песками. Возникновение последних было связано преимущественно с разрушением цемента и дезинтеграцией материала более древних

кварцевых песчаников, с изменением песков вблизи поверхности под действием подзолообразующих процессов и с выносом вещества в виде растворов, главным же образом в форме твердых частиц.

При характеристике четвертичных кварцевых песков целесообразно их рассмотреть отдельно для ледниковой и внеледниковой зон. Наиболее отчетливо такое деление намечается для европейской части СССР [65]. Северная часть ее — район «ледникового выполаживания» — лишена кварцевых песков. Расположенные южнее районы «накопления осадков последнего оледенения», а затем «бывший под новым и максимальным оледенениями» содержат кварцевые пески в составе преимущественно флювиогляциальных, реже аллювиальных, озерных, а в некоторых местах и морских образований. Пески крупно-, средне- и мелкозернистые. Минеральный состав флювиогляциальных песков, которые доминируют, зависит в большой степени от состава пород, подстилающих толщу, и обломочного материала, поступившего из удаленных областей сноса. Результатом влияния местных пород на состав четвертичных песков Русской платформы следует считать их более высокое качество в западных районах платформы по сравнению с восточными. Типичными для запада платформы являются месторождения Струги-Красные, Аникщайское. Химический состав этих песков, %: SiO_2 — 92,90—96,90; Al_2O_3 — 0,9—2,70; Fe_2O_3 — 0,5—1,6.

На территории второго района помимо залежей песков, генетически близких таковым первого района, интересны пески ледниковых отторженцев в морене, сложенных палеозойскими, мезозойскими и третичными породами. Примером месторождений таких песков являются Фировское, Мяги. В отдельных случаях морена содержит гнезда несколько измененных песков, например Яйковское месторождение и т. д.

Кроме того, на территории этого района представляют интерес пески подморенные (предледниковые) флювиогляциальные. Е. М. Щукина [64] и С. М. Шик [63] предполагают развитие этих песков в верховье Волги и по некоторым ее притокам. Залежи описываемых песков подстилают морены разного возраста. Развита эти пески, видимо, шире, чем предполагали указанные исследователи. Разведан ряд месторождений таких песков: Катунское, Великодворское, Хальчинское и другие. Крупность песков различная; состав их характеризуется содержанием, %: SiO_2 — 93,5—99,6; Al_2O_3 — 1,9; Fe_2O_3 — 0,11—0,70.

Остальные фациальные типы четвертичных песков разнообразны по структуре; состав их, как правило, значительно лучше в пределах Русской платформы по сравнению с другими регионами СССР.

Внеледниковая область характеризуется развитием кварцевых песков главным образом аллювиальных фаций. Пески остальных фациальных типов играют подчиненную роль. Структура и состав кварцевых песков весьма различны, но наиболее чистые,

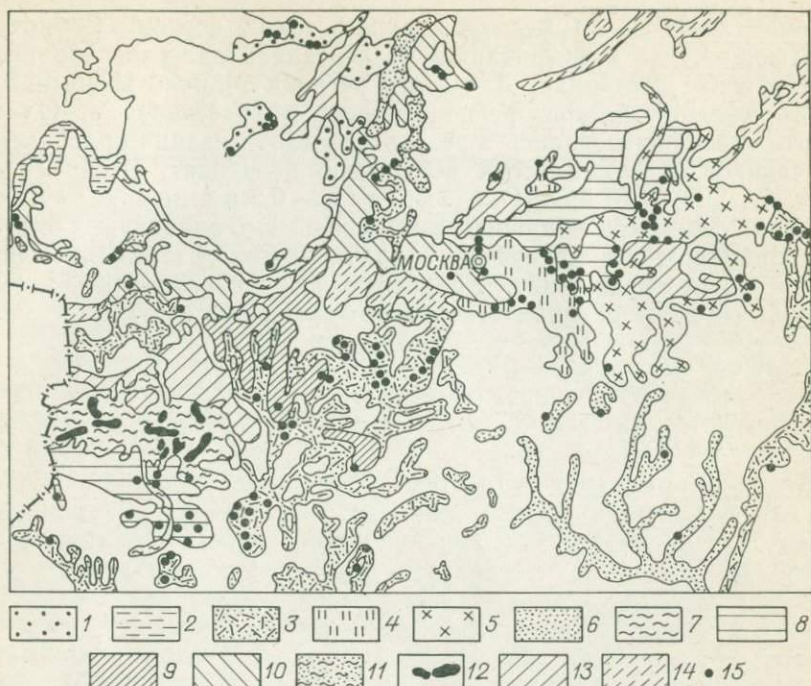


Рис. 35. Ожидаемое качество, условия залегания кварцевых песков, связанных с четвертичными отложениями Русской платформы.

1—2 — морские и озерные отложения, вмещающие пластообразные залежи и крупные линзы преимущественно кварцевых мономинеральных песков: 1 — крупно-, средне- и мелкозернистых ($Fe_2O_3=0,3\%$ и выше), 2 — мелкозернистых (Fe_2O_3 до $0,3\%$ и выше); 3—6 — аллювиальные отложения, вмещающие линзообразные залежи преимущественно кварцевых мономинеральных песков: 3 — мелко-, редко средне- и крупнозернистых (Fe_2O_3 до $0,3\%$ и выше), 4 — преимущественно крупно- и среднезернистых ($Fe_2O_3=0,3\%$ и выше), 5 — крупно-, средне- и мелкозернистых ($Fe_2O_3=0,3\%$ и выше), 6 — мелкозернистых ($Fe_2O_3>0,3\%$); 7 — то же, преимущественно полевошпатово-кварцевых мелкозернистых песков ($Fe_2O_3>0,3\%$); 8—9 — флювиогляциальные отложения, вмещающие линзообразные и пластообразные залежи преимущественно кварцевых мономинеральных песков: 8 — средне-, мелко- и крупнозернистых (Fe_2O_3 до $0,2-0,3\%$, реже выше), 9 — среднезернистых ($Fe_2O_3=0,2-0,3\%$ и выше); 10 — то же, преимущественно полевошпатово-кварцевых средне-, мелко-, редко крупнозернистых песков; 11 — морена с гнездами и неправильными залежами кварцевых мономинеральных преимущественно мелкозернистых песков (Fe_2O_3 до $0,1-0,2\%$, редко выше); 12 — золотые полевошпатово-кварцевые мелкозернистые пески; 13—14 — пески с неустановленными крупностью и содержанием железа (13 — полевошпатово-кварцевые, 14 — кварцевые мономинеральные); 15 — месторождения песков.

включая и мономинеральные пески, распространены на Русской платформе (рис. 35).

Так на Урале аллювиальные пески четвертичного возраста содержат от 77,5 до 95,9% кремнезема, в Западной Сибири — 82,2—97,0. На Сибирской платформе песчаный аллювий рек Чуны, Бирюсы, Топорка имеет олигомиктовый состав. Химический состав песков Алзайского и Грибановского месторождений следующий, %: SiO_2 — 91,2—94,2; Al_2O_3 — 2,6—4,2; Fe_2O_3 — 0,3—1,7.

В Приморском крае аллювиальные пески содержат обычно 75—85% SiO_2 и до 14% Al_2O_3 . Для вледниковой области типичны элювиальные скопления песков. Сравнительно полные

данные имеются по месторождениям таких песков Сибирской платформы, где выветриванию подвергались палеозойские и докембрийские песчаники. Для этого региона типично Игирминское месторождение песков, расположенное в бассейне р. Илима. Пески здесь образовались в результате выветривания ордовикских песчаников, в которые они постепенно переходят. Пески содержат, %: $\text{SiO}_2 \sim 97,0$; $\text{Al}_2\text{O}_3 — 1,5$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 — 0,2$ и выше.

Для Рыбинской впадины, занимающей юго-западную часть зоны обрамления Сибирской платформы, можно указать Верхнеагашульское месторождение. Кварцевые пески образовались здесь в результате выветривания песчаников чаргинской свиты.

V.

КРЕМНИСТЫЕ ПЕСЧАНИКИ И СИЛИЦИТЫ (краткие сведения)

Среди рассмотренных монолитных кварцевых пород существенное место занимают кремнистые песчаники и силициты. Говоря о кремнистых песчаниках (термин заимствован у Л. Б. Рухина), имеют в виду крепкие породы, образующие линзообразные залежи (караваи) или отдельные сравнительно выдержанные горизонты в толщах песков. Силициты — лидиты — кварцевые (первоначально кремнистые) породы, самостоятельными горизонтами залегающие в разрезе осадочных или вулканогенно-осадочных комплексов.

Для кремнистых песчаников, слагающих отдельные горизонты и являющихся нормальной осадочной породой, наиболее вероятно формирование в прибрежной части водных бассейнов за счет продуктов размывающихся кор силлитного выветривания. Линзообразные тела (реже маломощные горизонты) кремнистых песчаников в толще кварцевых песков возникают в результате инфильтрации в песчаные толщи соединений кремния. Эта точка зрения хорошо увязывается с расположением караваеобразных тел песчаников в пределах одного или нескольких гипсометрических уровней (обычно секущих седиментационную слоистость), приуроченных, вероятно, к поверхностям потока грунтовых вод (современному или древним), фиксирующим таким образом направление происходивших в районе тектонических движений.

Силициты — полностью хемогенные образования, но растворы кремния для них по существующим представлениям возникли в результате вулканической деятельности или глубокого химического выветривания алюмосиликатных пород. В данной работе может учитываться только последний тип силицитов, поскольку их генезис, так же как и кварцевых песков, контролируется эпохами корообразования. Эта разновидность силицитов характерна для платформ в отличие от подобных пород, связанных с вулканической деятельностью, которые типичны для геосинклиналей. Кроме того, силициты эпох корообразования являются, по-видимому, более чистыми в отношении вредных примесей и наряду с лучшими разновидностями кварцевых песчаных пород могут быть использованы промышленностью, требующей сырье высокого качества.

Кремнистые песчаники и силициты известны во многих районах СССР, но в настоящей работе приведена краткая характеристика пород только для южной части Русской платформы, Зауралья, запада Туранской плиты и Алтае-Саянской складчатой области.

Русская платформа. Пластовые залежи кремнистых (кварцевых) песчаников зафиксированы в Донбассе, где они при-

урочены к отложениям верхнего девона, среднего карбона и юры. Линзообразные тела кремнистых песчаников установлены в толщах кварцевых песков прогиба Большого Донбасса, где связаны с песками мела, палеогена и нижнего неогена, а также верхней юры Московской синеклизы.

Девонские (верхнефранский и нижнефаменский подъярусы) трансгрессивные отложения в Донбассе залегают на породах докембрия. Общая мощность их толщи до 80 м. Кремнистые песчаники, связанные с этими отложениями, изучались у сел. Ольгино и Благодатное. Здесь породы верхней части докембрия каолинизированы. Они, по-видимому, и служили материалом при формировании толщи «белого девона», в частности кремнистых (кварцитовидных) песчаников. Последние состоят из плохо сортированных остроугольных частиц кварца. Примесь полевых шпатов в них не превышает 5—15%, всегда присутствуют каолинит, а в качестве аксессуарных — только химически устойчивые минералы. Химический состав песчаников, по М. И. Ожеговой и С. В. Потапенко, следующий, %: SiO_2 — 94,9—98,8; Al_2O_3 — 0,6—3,6; Fe_2O_3 — 0,06—0,07.

Среднекаменноугольные кремнистые песчаники известны в Западном Донбассе, где слагают пласт мощностью 2,10 м. Материал песчаников неокатанный, сортировка удовлетворительная. Помимо кварца (80—90%) в песчанике присутствуют полевые шпаты, до 2—5% мусковита, химически устойчивые аксессуарные минералы, всегда много каолинита. Усредненный химический состав песчаников Ларинского, Менчуговского, Кутейниковского месторождений, по данным М. И. Ожеговой, Л. И. Пинчука, В. В. Лаптева, следующий, %: SiO_2 — 95,8—97,3; Al_2O_3 — 1,2—2,3; Fe_2O_3 — 0,3—0,6.

В центре Московской синеклизы многочисленные линзообразные тела кремнистых песчаников обнаружены в толще кварцевых верхнеюрских песков (верхневожжский подъярус). Линзы песчаников располагаются на нескольких гипсометрических уровнях, но наибольшее количество их приурочено к верхней части зоны современного горизонта грунтовых вод. По составу они, видимо, близки к вмещающим пескам, но результатов анализов их еще нет.

Подобные песчаники среди юрских отложений нами наблюдались в карьере Тулунского месторождения кварцевых песков, Никольского месторождения каолинов и в других районах Центральной Сибири.

С меловыми отложениями кремнистые песчаники связаны в Донбассе, где в толще сантона они образуют линзы до 5—6 м над кристаллическим фундаментом. В пределах Воронежской антеклизы у ст. Латная караваяобразные тела (до 0,5—2,0 м) песчаников в 1957 г. наблюдались в карьере над огнеупорными глинами. Ранее они были описаны А. Н. Гейслером [46].

Днепровско-Донецкая впадина. Кварцитовидные палеогеновые песчаники приурочены здесь к бучакскому ярусу. М. И. Ожегова

и С. В. Потапенко выделяют три разновидности этих песчаников: 1) крепкий белый, состоящий из округлых, часто корродированных зерен кварца ($\sim 58\%$), опалового или кварцевого цемента ($\sim 37\%$) и пор (5%); 2) желтый, в котором помимо кварца присутствуют микроклин и кварцевый цемент; 3) желтый пористый, в котором поры составляют до 35, а цемент 8—10%. Лучше изучено Баническое месторождение кремнистых песчаников. Последние образуют линзы 0,3—5,0 м среди кварцевых песков бучакского яруса. Местами линзы сливаются в одну залежь мощностью до 18 м. Химический состав песчаников этого месторождения, по материалам Г. И. Паниной, М. И. Ожеговой и С. В. Потапенко, следующий, %: SiO_2 — 97,7—99,8; Al_2O_3 — 0,01—1,14; Fe_2O_3 — 0,03—0,28; CaO — 0,01—0,23.

Кремнистые песчаники полтавской серии (олигоцен—миоцен) слагают месторождения: Тарасовское, Очеретинское, Ясиноватское, Лозовское и ряд других. Состав песчаников Тарасовского месторождения, %: SiO_2 — 97,20—97,94; Al_2O_3 — 0,34—1,57; Fe_2O_3 — 0,06—0,15.

Поволжье. К палеоценовым отложениям приурочен ряд месторождений в районе Камышина и Ульяновска.

Зауралье, Примугоджарье и Приаралье. Эти территории богаты месторождениями кремнистых песчаников позднего эоцена и раннего олигоцена. Обычно они образуют линзообразные тела в толщах кварцевых песков. Мощность линз редко превышает 1,5—2,0 м, обычно она меньше. Содержание цемента варьирует от 1,5 до 3,35%. По данным многочисленных анализов химический состав кремнистых песчаников Зауралья, %: SiO_2 — 92,45—97,79; Al_2O_3 — 0,93—4,54; Fe_2O_3 — 0,02—0,99; CaO — 0,17—1,10; MgO — 0,03—0,34.

В Примугоджарье и Северном Приаралье караваеобразные тела кремнистых песчаников заключаются обычно в песках антиклинального типа отложений саксаульской свиты эоцена [66]. Среди отложений синклинального типа кремнистые песчаники почти отсутствуют. Залежи кремнистых песчаников горной гряды Мугоджар относятся не только к эоцену и олигоцену, но и к палеоцену. Примером месторождений кремнистых песчаников может служить Мугоджарское, к которому приурочены тела песчаников. Согласно данным В. В. Прейса, выделены следующие разности песчаников: белые сливные, белые и серые плотные, серые и белые пористые. Согласно материалам А. П. Абросимова, химический состав песчаников, %: SiO_2 — 98,47; Al_2O_3 — 0,37; Fe_2O_3 — 0,34. Имеются и более чистые разности, %: SiO_2 — до 99,10; Al_2O_3 — до 0,01; Fe_2O_3 — до 0,05.

Центральный Казахстан. По данным Б. Е. Антыпко, Р. А. Борукаева, В. К. Заразняева и других исследователей, морские и континентальные эоценовые и олигоценовые отложения обычно представлены кварцевыми песками, заключающими линзы и пластообразные тела белых, светло-серых плотных и ноздрева-

тых кремнистых песчаников. Залегают они, как правило, на палеозойских породах, несущих в большинстве случаев реликты кор выветривания, либо на осадках палеоцена. Для эоценовых песчаников характерна приуроченность к водораздельным пространствам — древним денудационным равнинам, где песчаники образуют крупные монолитные глыбы, плиты, караван, щебнистые развалы. Эоценовые песчаники слагают Карагайское и Папанинское месторождения кремнистых песчаников. В Экибастузском районе, согласно данным Г. Л. Кушева и И. Г. Кассина, к толще эоценовых песков приурочены глыбы песчаников с халцедоновым или опаловым цементом. Песчаники установлены также в районе Бошекуля и Карасора. Химический состав песчаников, %: SiO_2 — 94,74—98,00; $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ — 0,76—3,80.

Приведенные данные подтверждают высказанное ранее мнение о связи образований кремнистых песчаников с элювием различных по возрасту эпох корообразования.

Алтае-Саянская складчатая область. Здесь сравнительно хорошо изучены силициты. Они известны среди образований верхнего протерозоя. По данным В. К. Маньковского, Г. И. Бровкова и других, главная масса силицитов сосредоточена в мартюхинской свите и ее аналогах в Кузнецком Алатау, Горном Алтае, Восточном Саяне, Батеневском кряже. Силициты залегают пластами среди доломитов, аргиллитов, туфов. Мощность залежей достигает нескольких сотен метров. Кремнистые породы темно-серого и почти черного цвета состоят из волоконцев халцедона, новообразований кварца; содержат органическое вещество, апатит и пирит. С ними нередко ассоциируют фосфориты. Химический состав силицитов Кузнецкого Алатау и Восточного Саяна приведен в табл. 12.

В северной части Кузнецкого Алатау выявлены месторождения силицитов: Брусничное и Сопка 248. Состав силицитов Сопки 248 по данным Всесоюзного института огнеупоров следующий, %: SiO_2 — 98,66—99,17; $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ — 0,20—0,53; Fe_2O_3 — 0,12—0,31.

Таблица 12

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СИЛИЦИТОВ, ВЕС. %

Компоненты	Кузнецкий Алатау	Восточный Саян
SiO_2	96,60	73,04—95,75
Al_2O_3	0,29—7,98	0,10—7,51
Fe_2O_3	0,02—2,04	0,39
FeO	0,14—2,46	0,59—8,99
CaO	0,22—15,50	—
MgO	0,02—8,80	—

Генезис силицитов дискуссионный; распространение этих пород на ограниченной территории, близкий возраст, совпадающий с позднерифейско-вендской эпохой корообразования, и состав, в частности большое содержание органического вещества, позволяют предполагать участие в их образовании гипергенных процессов. Породы эти заслуживают дальнейшего изучения, особенно если учесть их высокое качество как кремнеземистого сырья и возможную парагенетическую связь с другими полезными ископаемыми формации кор выветривания.

VI.

ОБОБЩЕНИЕ ДАННЫХ И ПЕРСПЕКТИВЫ УДОВЛЕТВОРЕНИЯ ЗАПРОСОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В КВАРЦЕВОМ СЫРЬЕ

Проведенные исследования и анализ большого литературного материала позволили по-новому осветить многие вопросы петрографии, условий формирования и закономерностей развития первично-осадочных кварцевых пород. Это в свою очередь дает возможность решить ряд задач, связанных с обеспечением народного хозяйства СССР кварцевым сырьем.

Резюмируем основные положения, изложенные в настоящей работе.

1. Минеральный состав кварцевых первично-осадочных пород определяется содержанием в их обломочной части не менее 80% кварца. Обычными в качестве примесей в ней из легких минералов можно назвать полевые шпаты, глауконит, слюды, кальцит и глинистые минералы. Суммарное содержание этих примесей достигает 10—20%, общее количество тяжелых минералов редко превосходит 1%, как правило, оно варьирует в пределах десятых и сотых долей процента. В составе последних основная роль принадлежит всегда устойчивым к химическому выветриванию компонентам, в том числе рудным.

Состав различных гранулометрических фракций песков неодинаковый. Наиболее богата кварцем, как правило, средняя гранулометрическая фракция песков. Крупнозернистая фракция редко также чисто кварцевая, но во многих случаях она содержит значительное количество рудных (главным образом аутигенных) минералов, полевые шпаты, обломки исходных пород. По сравнению с крупнозернистыми мелкозернистые пески значительно богаче минеральными примесями; еще богаче ими алевриты. В двух последних фракциях почти всех кварцевых пород сосредоточено основное количество как обломочных минералов, так и аутигенных.

2. Кварц песков и песчаников наряду с прозрачными зернами без включений представлен обломками одинаковой, чаще желтой, окраски, в которых присутствуют твердые, жидкие, газообразные включения. Количество и тип включений, а также структура кварца и интенсивность его окраски различны, но они всегда существенно влияют на химический состав и физические свойства песков. Содержание окислов железа в прозрачном кварце за счет субмикроскопических включений не превышает 0,001—0,01%; в кварце мутном, часто непрозрачном из-за большого количества жидких и газообразных включений, но не имеющем желтой окраски, составляет 0,01—0,025%; в кварце желтого цвета с видимыми включениями — до 2—3% окиси железа. Кроме железа и других красителей в виде включений в кварце всегда присутствуют щелочи и щелочноземельные соединения.

Большую роль в характеристике песков и песчаников играет пленка на их зернах. Она в значительной степени влияет на цвет пород и определяет многие физико-химические свойства их, в том числе и особо важные для промышленности. Пленка представляет собой скопления вторичного вещества сложного состава, разнообразного по строению и связи с песчаниками. Главными химическими компонентами вещества пленок служат кремнезем, глинозем, карбонат кальция и магния, окись железа. В зависимости от преобладания тех или иных минералов пленки бывают рудными (где основная роль принадлежит минералам железа или марганца), силикатными и карбонатными. В состав силикатной пленки входят один или несколько (смешанный состав) глинистых минералов, а также глауконит и хлорит. Всегда в пленке присутствуют органические соединения. Вещество пленки может находиться в кристаллическом, коллоидно-аморфном или метастабильном состоянии. Количественное соотношение вещества той или иной степени окристаллизованности у пленок разных песков неодинаково. Состав, структура и распределение пленки на поверхности зерен помимо влияния на природный состав песков определяют эффективность их обогащения.

Кварцевые первично-осадочные породы характеризуются высоким содержанием кремнезема и незначительным остальных соединений. В наиболее чистых разностях количество кремнезема достигает 99,5—99,9%, в некоторых породах оно значительно варьирует, что связано главным образом с различным содержанием в обломочной части глинистых минералов, полевых шпатов и других алюмосиликатов, а также с составом и количеством цемента. Нередко значительно содержание щелочей и щелочноземельных окислов. Что же касается красящих соединений, то их количество почти всегда непостоянно. Это объясняется в первую очередь изменяющимся содержанием аутигенных минералов, включая слагающие пленку и цемент.

Химический и минеральный составы различных гранулометрических фракций песков неодинаковы. Наиболее богатыми кремнеземом и соответственно чистыми в отношении всех примесей обычно являются среднезернистые и в некоторых случаях мелкозернистые песчаные фракции. Материал крупных фракций содержит обычно 15—20% общего количества железа песков.

Структура кварцевых песков и песчаников весьма разнообразна. Это, в частности, относится к размерам и форме обломков. Наряду с хорошо сортированным обломочным материалом существуют разности, относящиеся даже к одному фациальному типу, но взятые из разных районов, и характеризующиеся весьма несовершенной сортировкой, вплоть до очень слабой. В отдельных случаях кварцевый состав имеют песчаные фракции даже крупнообломочных пород: гравелитов, галечников. Не меньшее разнообразие наблюдается и в форме частиц.

3. Исходный материал первично-осадочных кварцитов, кварцевых песчаников и песков образовывался в результате химического

выветривания алюмосиликатных и силикатных пород и последующей дифференциации получающихся при этом продуктов. Наряду с химическим выветриванием, однако, существенное значение в обогащении песков кварцем имеет, естественно, и механическая дифференциация материала, происходящая при его транспортировке и отложении. Она, во-первых, вызывает дробление крупных обломков горных пород и минералов, в первую очередь механически нестойких. В результате этого усиливается эффективность процессов химического выветривания. В дальнейшем механическая дифференциация способствует измельчению и выносу минеральных образований, возникающих при химическом разложении первичных компонентов пород и имеющих, как правило, незначительную прочность.

Благоприятная обстановка для развития указанных процессов создавалась преимущественно на платформах, как исключение в пределах менее крупных консолидированных глыб типа срединных массивов. Накопление первичного материала в фанерозое имело место в морских и континентальных условиях на платформах или в предгорных прогибах, как исключение в межгорных впадинах. Причем морские условия превалировали в палеозое и мезозое, континентальные — в палеогене и неогене; пески четвертичного возраста имеют преимущественно континентальную фациальную принадлежность. В докембрии, когда скорость и амплитуда тектонических движений были меньшими, чем в фанерозое, исходный материал описываемых кварцевых пород накапливался не только на платформах, но и в геосинклиналях, в их внешних зонах.

Помимо тектоники в формировании кварцитов, кварцевых песчаников и песков большую роль играл климат, контролирующий тип и интенсивность выветривания. Известно, что климат, способствующий химическому разложению горных пород, должен быть гумидным, умеренно теплым или жарким.

Общий режим тектонических движений, их цикличное развитие и связанные с тектоникой изменения геоморфологического плана поверхности земли, возникновение трансгрессий и регрессий морей, а также необратимые изменения климата в целом и его зональность определяли положение в геологической истории эпох корообразования, а следовательно время образования литологических комплексов первично-осадочных кварцевых пород. Анализ фактических данных наглядно показал, что стратиграфические уровни, к которым приурочены такие комплексы, соответствуют эпохам корообразования. Такое соответствие служит основным показателем первой стадии оценки продуктивности больших территорий на кварцевые первично-осадочные породы.

При рассмотрении перспектив на эти полезные ископаемые отдельных регионов, в том числе занимающих платформенные структуры, необходимо учитывать морфологические особенности и режим тектонических движений, происходивших во время формирования залежей песчаных пород, палеоклиматические условия

региона и характер субстрата, т. е. состав пород как местных, так и внешних областей приноса терригенного материала. Физико-географическая обстановка, благоприятная для формирования кварцевых песков, определяется длительным существованием условий, в которых образуются мощные коры химического выветривания.

Субстрат в формировании кварцевых песков играет одну из главных ролей. В этом случае, однако, надо иметь в виду, что при выветривании магматических пород даже кислого ряда кварцевый материал возникает далеко не всегда. Он образуется чаще всего в результате переработки продуктов выветривания более древних песчаных пород, участие которых в формировании кварцевых песков отмечается уже с раннего протерозоя, а затем непрерывно возрастает, достигая максимума в кайнозое.

Получение обломочного кварцевого материала непосредственно за счет магматических пород в результате одноактного процесса может иметь место при дифференциации продуктов кор только глубокого химического выветривания, когда алюмосиликатные и другие неустойчивые минералы разложились полностью. Такие случаи достаточно редки, но они представляют особый интерес, так как в этих условиях вблизи от источника сноса исходного материала формируются месторождения крупнозернистых песков, особенно ценных для литейного производства и строительства.

4. Условия накопления первичного осадка рассматриваемых кварцевых пород в большой мере определяют морфологию и масштаб их месторождений, а также структуру песков и песчаников. Наиболее мощные толщи средне-, мелко- и тонкозернистых песков, отличающихся хорошей сортировкой и однородностью терригенного материала, образуются в морских условиях. Несколько уступают морским пескам, но также весьма ценны в структурном отношении дельтовые и эоловые пески, хотя последние только в редких случаях имеют мономинеральный состав, а олигомиктовые их разности известны в ряде районов и могут представлять существенный интерес для литейной промышленности.

Крупнозернистые пески наиболее типичны для континентальных — аллювиальных и флювиогляциальных — отложений. Морские крупнозернистые пески редки, они образуются в основном в непосредственной близости от областей сноса кварцевого материала. Это наблюдается в пределах платформ, вблизи от выступов их кристаллического основания. Общими особенностями песков континентальных фаций являются менее совершенная сортировка материала, относительная невыдержанность структуры и состава в плоскости месторождения и, как правило, меньшие по сравнению с морскими размеры залежей.

Все рассмотренные в настоящей работе кварцевые породы объединяет генетическая связь с корами выветривания, однако распространение их различно. Так, кварциты, образующиеся в результате глубокого метаморфизма обломочных и хемогенных осадочных пород, наиболее характерны для архея и обнажаются

преимущественно в пределах щитов древних платформ. Кварцитовидные и относительно слабые первично-осадочные песчаники присутствуют среди менее глубокометаморфизованных толщ протерозоя, отчасти палеозоя как щитов и плит древних платформ, так и сооружений докембрийской складчатости.

5. Потребность народного хозяйства СССР в кварцитах и песчаниках точно не определена. Однако несомненно, что наиболее дефицитными являются особо чистые разности этих пород, в частности отвечающие требованиям производства карбида кремния и кристаллического кремния.

Анализ имеющихся материалов показал, что перспективными на такое сырье районами следует считать Центральную Карелию, северо-восток Днепровско-Донецкой впадины, Юго-Западное Забайкалье и Кузнецкий Алатау. Кроме того, не лишенным перспектив, но совершенно не изученным в этом отношении является Приамурье.

В Центральной Карелии интерес представляют кварцитовидные песчаники сегозерской свиты ятулия. Промышленность их еще не использует, но ведущиеся исследования показали (предварительные данные) возможность применения их чистых разностей как сырья для производства карбида кремния.

На территории северо-востока Днепровско-Донецкой впадины залежи кремнистых песчаников приурочены к бучакской свите палеогена. Одно из месторождений (Баничское) предварительно разведано; выявленные запасы (В+С) составляют около 4800 т. Песчаники этого месторождения характеризуются исключительной чистотой и согласно результатам испытаний полностью удовлетворяют требованиям производства карбида кремния и кристаллического кремния. Однако месторождение разрабатывается на камень, идущий для менее ответственных нужд, что безусловно не рационально.

В Юго-Западном Забайкалье детально изучено Черемшанское месторождение песчаников, приуроченное к итанцинской свите позднего протерозоя. Эти песчаники вполне пригодны для указанных производств, но не используются. Запасы месторождения значительные, однако возможность дальнейшего их увеличения не ясна.

В пределах Кузнецкого Алатау высококачественным сырьем являются кварциты позднего протерозоя. Выявлен и частично разведан ряд их месторождений: Брусничное, Сопка 248 и другие. Первое месторождение разрабатывается для производства диоксида и ферросилиция, а также перспективные (по данным предварительных испытаний) на карбид кремния и кристаллический кремний. Запасы кварцитов в данном районе большие.

Крупнейшим потребителем чистых песчаников и кварцитов является диоксидная промышленность. С этой целью разведано большое число месторождений в Карелии, на Украине, в пределах Урала, Зауралья и Центральной Сибири. В настоящее время наибольшее количество кварцевых пород добывается в карьерах Ов-

ручского, Красногоровского, горы Караульной и Буландихинского месторождений. Дальнейшее расширение запасов этого сырья возможно почти на всех эксплуатируемых месторождениях. Из новых районов можно указать Казахстан, Среднюю Азию, Дальний Восток, Приамурье. В Казахстане работы по созданию сырьевой базы для динасовой промышленности следует проводить на территории Кокчетавского и Атасу-Джунгарского массивов. В Средней Азии перспективна для аналогичных целей северо-западная часть Киргизского хребта (оввская свита позднего рифея), на Дальнем Востоке помимо Приморья представляет интерес Колымский массив. Необходимо исследовать кварциты Алданского щита и силурийские песчаники Приамурья.

В качестве металлургических флюсов и строительного камня используют кварциты, и песчаники многих месторождений Кольского полуострова, Украины, Урала, Казахстана, Сибири. Дальнейшие исследования этих пород важны с целью выделить месторождения для добычи облицовочного камня.

Пески применяются в литейной, стекольной, керамической промышленности, для строительных целей и еще в ряде производств. Литейная промышленность ежегодно использует около 20 млн. т кварцевых песков: до 35% мелкозернистых, около 33 крупнозернистых, 15 среднезернистых, 8 — глинистых и до 8% расщепленной структуры.

Исследованиями установлено, что месторождения крупнозернистых песков связаны преимущественно с кайнозойскими континентальными отложениями. Мощные месторождения средне- и мелкозернистых песков относятся главным образом к морским и дельтовым фациям, реже к флювиогляциальным, озерным и речным отложениям. Возраст песков известных месторождений, как правило, кайнозойский, вплоть до четвертичного. Месторождения мезозойских и палеозойских кварцевых песков установлены только в пределах древних платформ.

Глинистые пески (полужирные и жирные) связаны почти исключительно с кайнозойскими отложениями. Среди них имеются залежи элювиальных, делювиальных и кольматированных кварцевых песков разной фациальной принадлежности. Известно всего 130 месторождений глинистых песков, из которых разрабатываются только 54, остальные составляют резерв базы формовочных песков.

Потребность стекольной промышленности в кварцевых песках быстро увеличивается. Если в 1973 г. всеми стекольными заводами СССР было использовано около 4900 тыс. т песков, то в 1975 г. это количество возросло до 6100, а в 1980 г. добыто 8600 тыс. т кварцевого сырья. Производство керамики в 1980 г. потребовало 770 тыс. т кварцевых песков [55]. Число месторождений этих песков, изучавшихся в разные годы и используемых в стекольной промышленности, исчисляется многими сотнями [21]. Балансом запасов учтено 100 месторождений, из которых с отложениями силура связано 1, девона — 6, карбона — 3, триаса — 1, юры — 5,

мела — 5, палеогена — 26, палеоген-неогена — 12, неогена — 13, четвертичного возраста — 28. В настоящее время разрабатываются 45 месторождений, из которых в европейской части СССР находятся 40. Столь неравномерное распределение сырьевых источников объясняется не только различной потребностью в них, но главным образом тем, что европейская часть СССР богаче азиатской кварцевыми песками.

Кварцевые пески, в природном виде отвечающие требованиям к сырью для производства стекол высокой светопрозрачности, в СССР пока не выявлены. Лучшие пески Русской платформы по содержанию окислов железа отвечают кондициям на сырье, пригодное только для светопрозрачных и бесцветных изделий. Особо чистые природные пески отсутствуют, видимо, и в других странах. К этому следует добавить, что стекольной промышленности нужно сырье не только чистое по содержанию красителей, но стандартное и в отношении всех примесей. Поэтому наличие в пределах одного месторождения очень чистых разностей песков непостоянного состава еще не дает оснований рассматривать такое месторождение как возможную сырьевую базу для заводов, вырабатывающих изделия из стекла высокой прозрачности.

За границей в стекольной промышленности используются исключительно обогащенные пески. В связи с этим при изучении песков следует обращать внимание не только на их природный состав, но и на их обогащаемость. Имеющийся в этом отношении опыт показывает, что сравнительно простые методы обогащения эффективны для мономинеральных песков [68]; олигомиктовые их разности, так же как и имеющие прочную пленку на зернах, требуют для очистки сложных методов обогащения, но и в этом случае не всегда оказывается возможным получить сырье высокого качества.

В заключение отметим, что анализ данных всестороннего исследования кварцевых первично-осадочных пород на территории СССР, относящихся ко всем этапам геологической истории, включая архей и четвертичный период, позволил наметить ряд закономерностей. Структура и вещественный состав рассматриваемых пород зависят от особенностей исходного материала, условий его переработки и накопления, а также от последующих изменений осадка, происходящих в стадии литогенеза и метаморфизма. Минеральные примеси в различных по генезису песках распределяются неравномерно, но наименьшее их содержание характерно для средней гранулометрической фракции. Однако зерна кварца и этой размерности нередко загрязнены как с поверхности (аутигенная пленка), так и внутриминеральными (твердыми, жидкими и газообразными) включениями, содержащими значительную, а нередко и основную часть вредных соединений, в частности красителей.

Возможность и методы удаления примесей (обогащение песков) определяются их распределением по размерным и минеральным фракциям; задача обогащения является весьма слож-

ной при загрязненности самого кварца. Таким образом, получение чистого концентрата достижимо при обработке мономинеральных песков, имеющих почти белый цвет (лишенных железистой окраски), состоящих из кварца, бедного внутренними включениями. Это относится и к монолитным песчаным породам, но удаление из них примесей сопряжено с рядом дополнительных трудностей, в том числе с дезинтеграцией материала.

Генезис рассматриваемых пород в большой мере определяет не только их структуру и состав, но также условия залегания и мощность месторождений. Лучшими являются залежи кварцевых пород, исходный материал которых длительное время подвергался переработке с участием химического выветривания и накапливался в морских условиях. Песчаные породы, связанные с отложениями континентальных фаций, обычно уступают морским по однородности и характеру залегания. Преимущество континентальных отложений заключается в относительном богатстве их крупными разностями песков, представляющими для многих отраслей промышленности особую ценность.

Основой, определяющей пространственное распределение кварцевых первично-осадочных пород помимо наличия кварца в субстрате служат платформенный режим тектонических движений и периодичность возникновения условий, благоприятных для широкого развития процессов химического выветривания — эпох корообразования. Комплексы элювиальных и осадочных образований, связанные с этими эпохами, включают залежи рассматриваемых кварцевых пород. Положение эпох корообразования в геологической истории контролируется тектоническими циклами, которые определяют как благоприятные для развития химического выветривания климатические условия, так и геоморфологическую обстановку, способствующую сохранению кор, и длительную переработку их продуктов.

В соответствии с эволюцией осадочного процесса менялись в истории Земли факторы, способствующие накоплению первичного кварцевого материала, в частности постепенно увеличивалась роль древних песчаных пород, дававших при выветривании сравнительно чистый, сортированный по крупности материал. В результате относительно богатыми кварцевыми песками являются наиболее молодые, кайнозойские, литологические комплексы.

Выявленные закономерности позволяют решить многие вопросы распространения кварцевых песков и выявить особенности их состава, что и предопределяет выбор направлений и методику поисков этих полезных ископаемых.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ажгиревич Л. Ф., Невмержицкая З. М., Манькин С. С.* Фациальный состав и минералогические ассоциации палеоген-неогеновой угленосной формации западной части Припятской впадины. — Докл. АН БССР, 1973, т. 17, № 3, с. 256—259.
2. *Алехин Ю. А.* Неметаллические полезные ископаемые древних толщ Киргизского хребта. — В кн.: Материалы по геологии и полезным ископаемым Южного Казахстана. Вып. 4 (29). Алма-Ата, Наука, 1971, с. 323—325.
3. *Батурич В. П.* Палеогеографический анализ геологического прошлого по терригенным компонентам. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1947. 335 с.
4. *Беккер Ю. Р.* Докембрий Урала. — В кн.: Вопросы тектоники докембрия Евразии. Владивосток, 1974, с. 69—86.
5. *Бельков И. В.* Кианитовые сланцы кейв (геологическое строение, кристаллические сланцы и кианитовые руды). М.—Л., Изд-во АН СССР. 1963. 321 с.
6. *Белькова Л. Н., Огнев В. Н., Тащилов А. Ф.* Докембрий Среднего Тянь-Шаня. Л., Недра, 1969. 142 с.
7. *Борисов С. Ф., Улсгалис Э. В.* Геохимические особенности продуктов переотложения докембрийских кор выветривания КМА. — В кн.: Научные труды ВИМС. М., 1975, с. 141—148.
8. *Борукаев Р. А.* Формации допалеозоя и нижнего палеозоя северо-востока Центрального Казахстана. — В кн.: Избранные труды АН КазССР. Т. 1, Алма-Ата, Наука, 1970, с. 56—80.
9. *Войновский А. С.* О характере контакта пород нижней свиты криворожской серии с плагногранитами в Кременчугском районе. — Геол. журн., 1972, т. 32, № 2, с. 115—118.
10. *Геология и палеогеография западного склона Урала/Ю. Д. Смирнов, Н. Г. Боровко, Н. П. Вербицкая и др. Л., Недра, 1977. 199 с.*
11. *Гинзбург И. И.* Образование марганцовых песчаников в северных широтах СССР. — В кн.: Сборник академику В. И. Вернадскому к 50-летию научной и педагогической деятельности. Т. 1. М., Изд-во АН СССР, 1936. 456 с.
12. *Гриднев Н. И.* Особенности минерального состава эоловых песков Юго-Восточных Кызылкумов. — Докл. АН УзССР, 1960, т. 2, с. 15—17.
13. *Грищенко М. И.* К вопросу о геологическом возрасте ергенинской толщи Окско-Донской низменности. — Тр. Воронеж. ун-та, 1965, т. 63, с. 112—116.
14. *Додатко А. Д., Кухарева Н. И., Семергеева Е. А.* Новые данные о древней метаморфизованной коре выветривания магматических пород саксаганского района Кривбасса. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1972, № 5, с. 126—137.
15. *Докембрийские коры выветривания.* М., 1975. 214 с.
16. *Захарченко А. И.* Результаты изучения жидких включений в горном хрустале. — Минерал. сб., Львов. геол. о-ва, 1950, № 4, с. 167—187.
17. *Иосифова Ю. И.* Палеогеновая и неогеновая системы. — В кн.: Геология СССР. Т. 4. Центр европейской части СССР. Стратиграфия. М., Недра, 1971, с. 458—489.
18. *Кайряк А. И.* К проблеме «иотния» Западного Прионежья. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1969, № 1, с. 124—142.
19. *Кириченко Т. И.* Стратиграфия докембрия западной окраины Сибирской платформы и ее складчатого обрамления. Труды ВСЕГЕИ, 1967, т. 112, с. 3—48.
20. *Коссовская А. Г.* Минералогия терригенного мезозойского комплекса Вилюйской впадины и Западного Верхоянья. М., Наука, 1962. 206 с.
21. *Кузнецов А. В., Туманова Е. С., Шаманский И. Л.* Состояние и перспективы увеличения ресурсов и добычи песков для производства стекла в СССР. — В кн.: Экономика минерального сырья и геологоразведочных работ. Обзор. М., 1977. 44 с. (ВИЭМС).

22. Лулева О. И. Докембрийские конгломераты Кольского полуострова. М., Наука, 1977. 220 с.
23. Менс К., Пиррус Э. Новые данные о возрасте тискреских слоев по материалам северо-западных разрезов Эстонии. — Изв. АН ЭССР, 1972, т. 21. Химия, геология, № 3, с. 278—281.
24. Муравьев В. И. О минералого-петрографической специфике опок. — В кн.: Сырцевая база кремнистых пород СССР. М., Наука, 1974, с. 43—46.
25. Огурцов В. Г. Исследование и разработка технологии обезжелезивания труднообогатимых кварцевых песков с использованием воздействия упругих колебаний. Автореф. дис. М., 1978. 25 с.
26. Орнатский Н. В., Сергеев Е. М., Шахтман Ю. М. Исследование процесса коагуляции песков. М., Изд-во Моск. ун-та, 1955. 180 с.
27. Осодоев С. П., Соколов О. В., Плотников Ю. В. Инженерно-геологические особенности Черемшанского месторождения. — В кн.: Материалы по геологии и полезным ископаемым Бурятской АССР. Вып. 15. Улан-Удэ, 1972, с. 174—178.
28. Пепеляев Б. В., Фурдуй Р. С. Протерозойская группа. — В кн.: Геология СССР. Т. 30, кн. 1. Стратиграфия. М., Недра, 1970, с. 62—74.
29. Пономарева В. В., Плотникова Т. Н. Гумус и почвообразование. Л., Наука, 1980. 185 с.
30. Предовский А. А., Петров В. П., Беляев О. А. Геохимия рудных элементов метаморфических серий докембрия (на примере Северного Приладожья). Л., Наука, 1967. 139 с.
31. Пустовалов Л. В., Султанов А. Д. О сопряженности гранулометрического, минералогического и химического состава пород Прикуринской низменности. — Докл. АН СССР. Нов. сер., 1946, т. 52, № 3, с. 251—254.
32. Ренгартен Н. В. Меловая система. Кавказ, Крым, Карпаты. — В кн.: Геологическое строение СССР. Т. 1. Стратиграфия. М., Госгеолтехиздат, 1958. 587 с.
33. Розен О. М. Геология раннего докембрия Кокчетавского массива. Автореф. дис. М., Изд-во Моск. ун-та, 1966. 15 с.
34. Салоп Л. И. Общая стратиграфическая шкала докембрия. Л., Недра, 1973. 308 с.
35. Саркисян С. Г., Тихомиров С. В., Варова З. В. К литологии девонских отложений Среднего Тимана. — Докл. АН СССР. Нов. сер., 1949, т. 64, № 1, с. 125—128.
36. Сергеев Е. М. Роль химико-минералогического состава вещества в процессе коагуляции песков. — Вестн. Моск. ун-та. Серия физ.-мат. и естеств. наук, 1954, № 11, с. 3—18.
37. Сидоренко А. В. Основные черты минералообразования в пустыне (на примере Каракум). — В кн.: Вопросы минералогии осадочных образований. Кн. 3—4. Львов, Изд-во Львов. ун-та, 1956, с. 516—540.
38. Сидоренко А. В., Чайка В. М. Значение кор выветривания и денудационных поверхностей выравнивания в истории докембрия. — В кн.: Металлогения осадочных и осадочно-метаморфических пород. М., Наука, 1970, с. 2—29.
39. Симанович И. М. Кварц песчаных пород. М., Наука, 1978. 156 с.
40. Соколов В. А., Галдобина А. Н., Рылеев А. В. Геология, литология и палеогеография ятулия Центральной Карелии. Петрозаводск, 1970. 366 с. (Труды Ин-та геологии Карел. фил. АН СССР, вып. 6).
41. Соколова Е. И. О комплексных соединениях железа и алюминия с низкомолекулярными органическими кислотами. — В кн.: Материалы к совещанию по геохимии гипергенеза. Минск, 1964, с. 111—114.
42. Страхов Н. М. Железорудные фации и их аналоги в истории Земли. М. — Л., Изд-во АН СССР, 1947. 266 с.
43. Страхов Н. М. Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли. М., Госгеолтехиздат, 1963. 535 с.
44. Судовиков Н. Г., Крылова М. Д. Геология и железноносность докембрия верховьев р. Алдана. — Труды Якутской экспедиции Совета по изучению производительных сил при АН СССР, 1955, вып. 2.
45. Таргульян В. О. Почвообразование и выветривание в холодных гумидных областях. М., Наука, 1971. 267 с.

46. Татаринов П. М., Малявкина С. Ф., Гейслер А. Н. Курс нерудных месторождений. Ч. 2. Л.—М., ОНТИ, 1935. 335 с.
47. Тихомиров С. В. Девон среднего Тимана. Изв. АН СССР. Сер. геол., 1948, № 2, с. 47—56.
48. Травин Л. В. Стратиграфия и дометаморфические формации архея Алдано-Учурского междуречья (Алданский шит). Автореф. дис. Л., 1975. 29 с.
49. Финько В. И. Геолого-петрографическая характеристика и генезис огнеупорных глин Зейско-Буреинской депрессии. Автореф. дис. М., 1958. 27 с.
50. Фридланд В. М. Об оподзоливании и иллиммеразии (обезиливании). — Почвоведение, 1958, № 1, с. 45—46.
51. Харитонов Л. Я. Структура и стратиграфия карелид восточной части Балтийского щита. М., Недра, 1966. 355 с.
52. Цехомский А. М. Вещественный состав кварцевых песков и его особенности в свете требований промышленности. — Материалы ВСЕГЕИ, 1960, вып. 29, с. 151—175.
53. Цехомский А. М. Вопросы генезиса и распространения кварцевых мало-железистых песков. — Геология руд. м-ний, 1959, № 4, с. 90—102.
54. Цехомский А. М. О строении и составе пленки на зернах кварцевых песков. — В кн.: Кора выветривания. М., Изд-во АН СССР, 1960, вып. 3, с. 293—312.
55. Цехомский А. М. Кварцевые пески СССР (петрография, генезис, геология, эволюция в истории Земли, промышленные перспективы). Автореф. дис. Л., 1965. 40 с.
56. Цехомский А. М. О закономерностях размещения полезных ископаемых кор выветривания. — Сов. геология, 1974, № 2, с. 55—67.
57. Цехомский А. М., Петрунькина Л. М. Кварцевые пески Зейско-Буреинской депрессии на Дальнем Востоке СССР. — Труды ВСЕГЕИ, 1961, т. 57, с. 167—181.
58. Цехомский А. М., Карстенс Д. И., Петрунькина Л. М. Карта прогноза месторождений кварцевых песков дочетвертичного возраста территории СССР. Масштаб 1 : 7 500 000. На 2-х листах. Л., 1960. (ВСЕГЕИ).
59. Цехомский А. М., Карстенс Д. И., Петрунькина Л. М. Карта прогноза месторождений кварцевых песков четвертичного возраста территории СССР. Масштаб 1 : 7 500 000. На 2-х листах. Л., 1960. (ВСЕГЕИ).
60. Цехомский А. М., Карстенс Д. И., Петрунькина Л. М. Карты прогноза месторождений кварцевых песков СССР. Масштаб 1 : 7 500 000. Объяснительная записка. Под ред. П. М. Татаринова. М., Недра, 1964. 320 с.
61. Чекунов А. В., Веселов А. А., Гилькман А. И. Геологическое строение и история развития Причерноморского прогиба. Киев, Наукова Думка, 1976. 162 с.
62. Швецов М. С. Общая геологическая карта европейской части СССР. Лист 58, сев.-зап. четверть. М.—Л., ОНТИ, 1932. 184 с.
63. Шик С. М. Стратиграфическая схема четвертичных отложений центральных районов европейской части СССР. — Мат-лы по геологии и полезн. ископ. центр. р-нов европ. части СССР, 1958, вып. 1, с. 65—70.
64. Шукина Е. Н. Террасы верхней Волги и их соотношение с ледниковыми отложениями Горьковско-Ивановского края. — Бюл. Моск. о-ва испытат. природы. Нов. сер., 1933, т. 9.
65. Яковлев С. А. Основы геологии четвертичных отложений Русской равнины. М., Госгеолтехиздат, 1956. 313 с.
66. Яншин А. Л. Геология Северного Приаралья. — В кн.: Материалы к познанию геологического строения СССР. М., 1953. 736 с. (Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Нов. сер., вып. 15).
67. Allen V. Weathering and heavy minerals. — J. Sedim. Petrol., 1948, vol. 18, № 1, p. 38—42.
68. Dacher I., Relston O. New methodes of cleaning glass sands. — Bull. Amer. Cer. Soc., 1941, vol. 20, № 6.
69. Davies W., Rees W. J. The specific surface and grain-shape of silica sands used for glass-making. — J. Soc. Glass Techn., 1945, vol. 29, № 134.
70. Döeglas D. I. Interpretation of results of mechanical analyses. — J. Sedim. Petrol., 1946, vol. 16, № 1, p. 19—40.

71. Engelhardt W. Die Unterscheidung wasser- und windsortierter Sande auf Grund der Korngrößenverteilung ihrer leichten und schweren Gemengteile. — Chem. Erde (Jena), 1940, Bd. 12, H. 4. S. 445—465.
72. Krumbein W. C., Pettijohn F. I. Manual of sedimentary petrography. London — New York, Appleton-Century Co, 1938. 549 p.
73. Kuenen P. H. Experimental abrasion of sand grains. — In: Report of the Intern. Geol. Congr. 21 sess. Norden. Copenhagen, 1960, pt. 10, p. 50—53.
74. Margolis S. V., Krinsley P. H. Submicroscopic frosting on eolian subaqueous quartz sand grains. — Bull. Geol. Soc. Amer., 1971, vol. 82, № 12.
75. Pettijohn F. I. Sedimentary rocks. New York, Harper & brothers, 1949. 526 p.
76. Pettijohn F. I., Potter P. E., Siever R. Sand and sandstone. Berlin—Heidelberg—New York, Springer, 1972. 618 p.
77. Siever R., Potter P. E. Sources of basal Pennsylvanian sediments on the Eastern Interior basin. — J. Geol., 1956, vol. 64, № 4, p. 317—335.
78. Sindowski K. Results and problems of heavy mineral analysis in Germany: a review of sedimentary—petrological. — J. Sedim. Petrol., 1949, vol. 19, № 1, p. 3—25.
79. Taylor I. M. Pore space reduction in sandstones. — Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 1950, vol. 34, № 4, p. 701—716.
80. Thiel G. A. The relative resistance to abrasion of mineral grains of sand size. — J. Sedim. Petrol., 1940, vol. 10, № 3, p. 103—124.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
I. Петрография кварцевых пород	5
Минеральный состав кварцевых песков	—
Распределение минералов по гранулометрическим фракциям песков	20
Некоторые особенности примесей кварца песчаных пород	23
Аутигенные образования на поверхности зерен песка. Пленки, их состав и типы	31
Особенности химического состава кварцевых песков	39
Структура кварцевых песков	44
Гранулометрический состав	46
Форма зерен	53
Структура и состав песчаников и кварцитов	56
II. Генезис кварцевых песков, песчаников и кварцитов	61
Источники исходного материала кварцевых песчаных пород	—
Условия накопления песков различных фаций	66
Постседиментационное преобразование кварцевых песков	78
Выветривание	—
Диagenез	86
Эпигенез	87
Метагенез	—
Региональный метаморфизм	88
III. Факторы, контролирующие распространение кварцевых песков, песчаников и кварцитов	91
Тектоника и климат	—
Химическое выветривание кварцсодержащих пород	94
IV. Закономерности распространения кварцевых песков, песчаников и кварцитов	96
Архей и протерозой	—
Палеозой	110
Мезозой	120
Кайнозой	125
V. Кремнистые песчаники и силициты (краткие сведения)	141
VI. Обобщение данных и перспективы удовлетворения запросов промышленности в кварцевом сырье	146
Список литературы	154

Алексей Михайлович Цехомский, Дагмара Ингмаровна Карстенс

КВАРЦЕВЫЕ ПЕСКИ,
ПЕСЧАНИКИ И КВАРЦИТЫ
СССР

Редактор издательства Э. М. Бородянская
Обложка художника Ю. И. Прошлецова
Техн. редактор А. Б. Яшуржинская
Корректор Л. Ю. Орлова

ИБ № 3356

Сдано в набор 10.09.81. Подписано в печать 15.01.82. М-24305.
Формат 60×90^{1/16}. Бумага тип. № 2. Гарнитура литературная.
Печать высокая. Усл. печ. л. 10,00. Усл. кр.-отт. 10,375. Уч.-изд. л. 11,57.
Тираж 1600 экз. Заказ 591/1295. Цена 1 р. 80 к.

Издательство «Недра», Ленинградское отделение. 193171,
Ленинград, С-171, ул. Фарфоровская, 12.

Ленинградская картографическая фабрика ВСЕГЕИ

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

В магазине № 17 «Недра» имеются в продаже следующие книги по геологии.

Москалева С. В. Гипербазиты и их хромитоносность. — Л., Недра, 1974. Цена 2 р. 26 к.

В книге рассмотрены происхождение и геологическая эволюция ультраосновных пород и связанного с ними хромитового оруденения. Выявлено, что гипербазиты входят в состав двух первичных формаций:

- I — дунит-гарцбургитовой, возникающей в подкоровом слое Земли;
- II — дунит-клинопироксенит-габбровой, формирующейся в условиях базальтового слоя.

В пределах дунит-гарцбургитовой формации выделены наиболее перспективные на хромитоносность разновидности пород. Доказано, что хромитоносные гипербазиты и связанные с ними хромитовые руды образуются в верхней мантии. Их подъем в твердом состоянии в коровые горизонты обуславливает возникновение рифтовых грабенов или трогов, из которых впоследствии формируется геосинклинальная система. Гипербазиты, обнаженные рифтогенезом и вовлеченные в геосинклинальные процессы, участвуют в последних в твердом состоянии. Вследствие этого они и заключенные в них руды подвергаются дроблению и зеленосланцевому метаморфизму (серпентинизации). Многократность этих воздействий приводит к интенсивным преобразованиям гипербазитов, способствующим физическому и химическому уничтожению крупных гипербазитовых масс и рудных концентраций и рассеянию слагающего их материала. Каждая из стадий такого преобразования фиксируется в структурной позиции гипербазитовых поясов в складчатых областях. В зависимости от этой позиции гипербазитовые пояса разделены на три категории, каждая из которых обладает определенной хромитоносностью.

На основе комплекса разработанных теоретических предпосылок предложена новая концепция поиска хромитовых руд, намечены пути долгосрочных прогнозов на хромиты территории регионов различного типа.

Книга рассчитана на геологов, занимающихся поисками рудных месторождений.

Наливкин Д. В. Очерки по геологии СССР. — Л., Недра, 1980. Цена 30 коп.

Автор книги — Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской и Государственной премий, кавалер четырех орденов Ленина, орденов Октябрьской Революции и Дружбы народов, действительный член Академии наук СССР, один из старейших советских геологов — Дмитрий Васильевич Наливкин широко известен не только в нашей стране, но и за рубежом. Он награжден золотыми медалями А. П. Карпинского, Н. М. Пржевальского, многими медалями иностранных геологических обществ.

В предлагаемой читателю книге кратко и в доступной широкому кругу читателей форме описаны геологическое строение и характерные особенности развития основных регионов Советского Союза. По каждому региону последовательно изложены сведения о стратиграфии, тектонике, магматизме и полезных ископаемых.

Книга рассчитана на молодых геологов, краеведов, учителей географии и студентов геологических вузов и техникумов.

Заказы можно направлять в отдел «Книга — почтой» магазина № 17 «Недра» (199178, Ленинград, В-178, Средний пр. 61).

3782

1р80к



НЕДРА

