Записки Ленинградского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LXII, вып. 2, 1971 г.

ВЛИЯНИЕ р. ПЛЮССЫ НА ОБВОДНЕННОСТЬ ШАХТ ЛЕНИНГРАДСКОГО СЛАНЦЕВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Н. Г. Паукер

Для Ленинградского месторождения горючих сланцев (б. Гдовское) характерна повышенная обводненность, что связано с его закарстованностью. Средний коэффициент водообильности четырех действующих шахт составляет в настоящее время примерно 7 $м^3$ на 1 $т$ добычи, а в довоенные годы достигал 50 $м^3/т$ и более. Устойчивые среднегодовые притоки к отдельным шахтам варьируют от 520 до 1060 $м^3/ч$, а суммарные — от 2500 до 3300 $м^3/ч$. За последние 15 лет откачано 384 *млн.* $м^3$ воды и средний приток к шахтам составил около 3000 $м^3/ч$. Тенденции к снижению суммарного водопритока не наблюдается.

Так как месторождение пересекает р. Плюсса, возник вопрос о возможном влиянии речных вод на водопритоки к горным выработкам и, в частности, о связи с ней крупных прорывов подземных вод. Поскольку различные мнения по этому поводу основывались в основном на косвенных признаках, необходимо было провести специальные опытные работы и соответствующие режимные наблюдения непосредственно в русле реки, проанализировать весь имеющийся материал по гидрологическим, геологическим и гидрогеологическим условиям бассейна реки. Особенно детально следовало изучить участок реки, примыкающий к полям шахты им. С. М. Кирова и шахты 2 (пришахтный участок р. Плюссы).

Из всего комплекса проведенных СЗТГУ и ЛГИ в 1962—1965 гг. исследований в статье рассматриваются следующие вопросы: I — связь шахтного водопритока с гидролого-метеорологическими и гидрогеологическими условиями бассейна р. Плюссы; II — результаты опытных работ на пришахтном участке р. Плюссы; III — роль древней долины р. Плюссы в обводненности шахт; IV — электромоделирование фильтрации речных вод в дренируемые шахтами водоносные горизонты. Общие геологические и гидрогеологические условия района рассматриваются в [1].

В гидрогеологической стратификации Сланцевского района (табл. 1) в настоящее время выделяются 10 водоносных горизонтов (ВГ) и 9 разделяющих водоупоров. Некоторой особенностью приведенной стратификации является частое несовпадение стратиграфических и гидрогеологических границ, что обусловливается составом водоносных и водоупорных пород. Поэтому в объем многих ВГ входят разновозрастные отложения, включающие частично или полностью смежные стратиграфические горизонты.

В бассейне р. Плюссы наиболее распространен, не считая четвертичного, старооскольский ВГ, представленный преимущественно рыхлым песчаным материалом, аккумулирующим просачивающиеся атмосферные осадки. Этот горизонт гидравлически связан с рекой и обеспечивает

Таблица 1

Характеристика водоносных горизонтов и водоупоров района Ленинградского сланцевого месторождения *

Водоносные горизонты ВГ и разделяющие их водоупоры	Геологический индекс	Краткая литологическая характеристика	Мощность *м*	Параметры **			
				K, *м/сутки*	KM, *м²/сутки*	a, *м²/сутки*	$q_{1.0}$, *м²/сутки*
Четвертичный водоносный комплекс поровых безнапорных вод	$alQ_{IV} + lg\ lfglQ_{III}$	Пески разнозернистые, гравийно-галечные и щебенистые отложения	2—5, реже до 20	0,1—9	—	—	—
Моренный водоупор (невыдержанный)	$glQ_{III}vd_1$, $l\check{z}$	Суглинки валунные, глины моренные и ленточные	2—3	$<0,01$	—	—	—
Старооскольский (б. лужский) ВГ порово-пластовых безнапорных и слабонапорных вод	D_2st	Пески рыхлые, песчаники красноцветные с алевролитами	1—15, реже до 30	1—6 +3,5	3—60	—	—
Условный водоупор	D_2nr_3	Песчано-глинисто-мергелистая пачка	3—11	$<0,01$	—	—	—
Наровский ВГ трещинно-пластовых, реже карстово-трещинных напорно-безнапорных вод	D_2nr_2	Доломито-мергельная толща	10—12	0,01—2,5 (1,1)	2—20	—	—
Относительный водоупор в нижней части наровского горизонта	D_2nr_1	Глинисто-мергелистые породы, базальный слой	4—5	$<0,01$	—	—	—
Везенбергский или ракверский ВГ карстово-трещинно-пластовых напорно-безнапорных вод	$O_3ws + nb$	Доломиты и известняки доломитизированные	5—30 10—16	1—50 (8)	12—120 (90)	$\sim 10^6$—10^7	0,7—180
Вазалеммский водоупор	$O_2kq\ (vs)$	Глины, известняки и доломиты глинистые	0,8—2,3	$<0,01$	—	—	—
Иевский ВГ карстово-трещинно-пластовых напорных вод	$O_2hr + kq$	Известняки (участками пористые, кавернозные)	12—16	0,1—30 (4)	8—70 (50)	$\sim 10^7$	0,4—110

Продолжение табл. 1

Водоносные горизонты ВГ и разделяющие их водоупоры	Геологический индекс	Краткая литологическая характеристика	Мощность, м	Параметры **			
				K, м/сутки	KM, м²/сутки	a, м²/сутки	$q_{1,0}$, м²/сутки
Шундоровский водоупор	$O_2\breve{s}n$	Глинисто-мергельно-доломитовые пачки с бентонитовыми глинами	6—10	<0,01	—	—	—
Кукерский ВГ трещинно-карстово-пластовых напорных вод	$O_2it + kk + \breve{s}n$ (частично)	Известняки глинистые и доломитизированные с прослоями кукерситов	10—28 (23)***	0,1—3,6 0,1—12,6 (0,3)	6—12	$1{,}5 \cdot 10^5$	0,1—50
Кукерско-ухакуский водоупор	$O_2kk + tl_3$	Чередование мергелей, глинистых известняков и кукерситов, включая промпласт	10—12	< 0,01	—	—	—
Таллинский ВГ карстово-трещинно-пластовых вод	$O_2tl_{1-2} + O_1kd + vl$	Известняки и доломиты	18—26 (20)	0,01—15,2 (2)	18—110 40	$\sim 3{,}5 \cdot 10^5$	0,1—80 30
Леэтский водоупор (б. мяэкюльский)	$O_1lt + vl$	Песчаники глауконитовые и глинистые, глины плотные, мергели	0,3—0,8 (0,5)	$4 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	—	—
Оболовый кембро-ордовикский ВГ порово-пластовых напорных вод	$O_1pk + Cm_{2-3}$	Пески, песчаники рыхлые мелкозернистые, с прослоями глин	27—34 (30)	1,8—6,5 (3)	36—180 100	$2 \cdot 10^6$—$2 \cdot 10^5$ $5 \cdot 10^5$	40—85
Лонтоваский водоупор (б. «синие глины»)	Cm_1ln	Глины, аргиллиты	65—75	< 0,001	—	—	—
Ломоносовский ВГ (б. надляминаритовый) порово-пластовых вод	Cm_1lm	Песчаники с прослоями глин	16—50 (34)	0,8—3,7 (2)	60—65	$3 \cdot 10^5$	—
Котлинский водоупор (б. ляминаритовый)	Pt_3kt	Глины тонкослоистые и алевриты	90—100	< 0,01	—	—	—
Гдовский ВГ порово-трещинно-пластовых вод	Pt_3gd	Песчаники, алевролиты	~35	1—2	50	—	45—50

* Стратиграфические наименования даны по унифицированной схеме ВСЕГЕИ, 1965 г. [4].
** K — коэффициент фильтрации, KM — проводимость пласта, a — коэффициент уровне- и пьезопроводимости, $q_{1,0}$ — единичный удельный дебит скважин.
*** Цифры, стоящие в скобках, означают среднюю величину.

береговое регулирование во время паводков (весенних и дождевых) и устойчивую межень. Питание его осуществляется инфильтрацией атмосферных вод и перетеканием из вышележащих в нижележащие горизонты на обширной площади в верхней части бассейна р. Плюссы [1]. Пьезометрические уровни более глубоких ВГ ниже отметок поверхности Земли и уровней верхних горизонтов. Положительную роль в питании играют также древнечетвертичные, неогеновые и додевонские долины, врезанные в коренные породы.

В нижней части бассейна до разработки месторождения наблюдалась обратная картина: пьезометрические поверхности кукерского, таллинского и особенно оболового ВГ были выше уровня воды в четвертичном горизонте, уреза р. Плюссы и дневной поверхности. Первые разведочные скважины фонтанировали; в одной из них высота пьезометрического уровня превышала урез реки на 9 *м*. Разгрузка осуществлялась в низовьях Плюссы и вблизи везенбергского структурно-эрозионного уступа, а севернее на 40—45 *км* — в местах эрозионного среза таллинского и оболового горизонтов. По мере проходки горных выработок вокруг шахт стали формироваться местные депрессионные воронки. К настоящему времени создались общие региональные депрессионные поверхности для всех дренируемых шахтами ВГ, измеряемые десятками километров. Искусственный базис дренажа сформировался на 45—73 *м* ниже современного уровня р. Плюссы.

Обводненность горных выработок обусловлена главным образом влиянием кукерского и в меньшей степени иевского и таллинского ВГ. Водами таллинского ВГ горные выработки обводняются в форме эпизодических прорывов воды из почвы, чаще всего вблизи карстовых нарушений. В первые годы разработки месторождения дебиты достигали 1000 $м^3/ч$ и частота была интенсивной — до 5—6 прорывов в год. В последнее время, в связи с существенным снижением напора, притоки при прорывах не превышают 100—150 $м^3/ч$ и частота прорывов не более 1—2 в год. Другой формой обводнения является проникновение подземных вод по разведочным и техническим скважинам, а также по трещинам при сдвижении пород после очистных работ. После ввода в эксплуатацию шахты 3 и восстановления шахты им. С. М. Кирова (примерно с 1954—1955 гг.) общий приток к шахтам более или менее стабилизировался и определяется в основном динамическими ресурсами ВГ. С этого времени отмечается колебание суммарного притока около средней его величины; изменения эти зависят от водности года. Несмотря на общее увеличение выработанного пространства, расширение и углубление депрессионных воронок, в многоводные годы суммарный приток выше, чем в маловодные. Это и заставило глубже проанализировать материал по гидрологическим и метеорологическим условиям всего бассейна Плюссы.

I. Для решения первого вопроса использованы наблюдения Гдовской и Кингисеппской метеостанций за осадками и Псковской гидрологической станции за расходами р. Плюссы по створам у дер. Брод и г. Сланцы. По методике Б. И. Куделина построены гидрографы реки по указанным створам с расчленением общего стока на поверхностный и подземный * за последние 15 лет (табл. 2). Кроме того, по исходным данным рассчитаны величины модулей стока по створу у г. Сланцы, $л/сек \cdot км^3$: поверхностного 8,1; подземного 3,1 и шахтного 0,13. Сопоставлены в хронологическом порядке величины среднегодовых осадков X с общим стоком Q_0, подземным

---

* Построила гидрографы и выделила по ним подземную составляющую стока Л. М. Товстенко.

Таблица 2

Исходные и рассчитанные данные по осадкам, стоку и шахтному водопритоку

Год	X, *мм* в год *	Q_0	$Q_п$	$Q_ш$		$\Delta Q_п$	$Q_п + Q_ш$	$\frac{Q_п + Q_ш}{Q_0}$, %	$\frac{Q_ш}{Q_п}$, %	$\frac{Q_ш}{Q_0}$, %
1954	616	44,2	17,6	0,685	2466	3,2	18,3	41,4	3,9	1,50
1955	500	54,2	20,8	0,732	2633	4,2	21,5	39,7	3,5	1,35
1956	639	59,9	17,7	0,790	2850	2,6	18,5	30,9	4,5	1,32
1957	670	70,5	22,7	0,889	3200	6,2	23,6	33,5	3,9	1,26
1958	504	48,3	19,7	0,855	3040	4,3	20,5	42,4	4,3	1,75
1959	547	43,2	17,5	0,796	2865	3,0	18,1	42,0	4,6	1,85
1960	588	44,0	15,4	0,750	2700	3,0	16,2	36,8	4,9	1,70
1961	628	47,2	18,8	0,840	3020	3,4	19,6	41,5	4,5	1,78
1962	640	72,0	22,0	0,858	3090	—	22,9	31,7	3,9	1,19
1963	480	31,0	14,1	0,783	2820	3,9	14,9	48,0	5,5	2,51
1964	420	23,2	14,6	0,747	2690	4,0	15,3	65,9	5,1	3,22
1965	530	30,9	16,2	0,768	2766	5,1	17,0	55,0	4,7	2,47
1966	796	57,8	26,0	0,893	3215	3,9	26,9	46,6	3,4	1,55
1967	704	46,0	21,4	0,865	3115	4,2	22,0	47,8	4,0	1,88
1968	601	46,6	18,8	0,914	3286	4,5	19,7	42,3	4,9	1,96
Среднее	590	51,3	18,8	0,811	2917	4,0	19,7	43,1	4,4	1,7

* В расчете на период 1891—1965 гг. норма осадков для четырех характерных пунктов бассейна р. Плюссы (станции и посты в Кингисеппе, Сланцах, Гдове и Плюссе) составляет в среднем 594 *мм* в год. При пересчете на показания осадкомера, с учетом всех поправок, надо пользоваться коэффициентом 1,2 [5].

Примечание. Q_0 и $Q_п$ — сток р. Плюссы по створу у г. Сланцы, соответственно, общий годовой и подземный; $Q_ш$ — общий шахтный водоприток; $\Delta Q_п$ — приращение подземного стока на участке между створами у дер. Брод и г. Сланцы (расстояние между створами 96 *км*, приращение площади бассейна 1250 *км*²).

стоком $Q_п$ и суммарным водопритоком $Q_ш$ к шахтам треста Ленинградсланец (рис. 1). Используя графо-аналитический метод, можно установить, что между осадками и общим стоком существует корреляционная связь (рис. 2), которая приближенно выражается формулой (по данным за 1947—1968 гг.)

$$Q_0 = 0{,}13X - 26, \tag{1}$$

где X — годовое количество осадков, *мм* (среднее по двум станциям).

В свою очередь,

$$Q_п = 9{,}4 + 0{,}18Q_0. \tag{2}$$

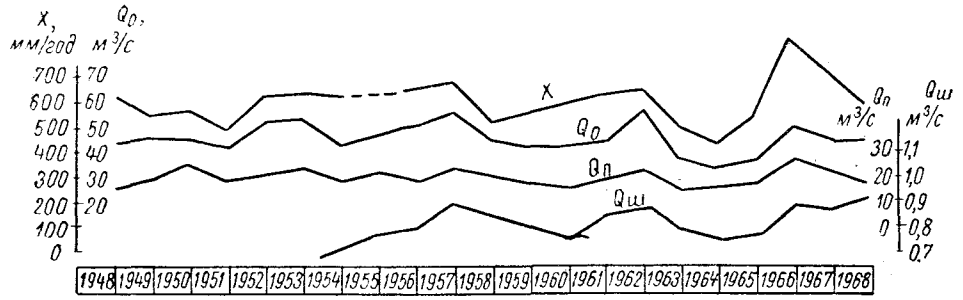


Рис. 1. Связь годовых осадков и общего стока с подземным стоком и шахтным водопритоком

Процентное соотношение между общим и подземным стоками в зависимости от водности в многоводные годы уменьшается, в маловодные увеличивается

$$\frac{Q_п}{Q_0} = 74 - 0{,}7Q_0. \tag{3}$$

С увеличением водности года повышается как общий, так и подземный сток, однако темп роста последнего отстает от поверхностного стока.

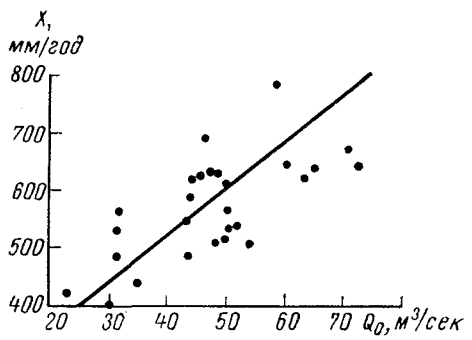


Рис. 2. Связь годовых сумм осадков с общим стоком р. Плюссы

Шахтный водоприток можно рассматривать как составляющую подземного стока, но не для базиса р. Плюссы, а для базиса дренажа, которым служат горные выработки действующих шахт. Откачиваемая из них вода сбрасывается в р. Плюссу ниже гидроствора г. Сланцы. Таким образом, по отношению к общему стоку

$$Q_п + Q_ш = 11{,}3 + 0{,}16Q_0. \tag{4}$$

Суммарный подземный сток изменяется от 31 до 66% в зависимости от водности года (см. табл. 2).

Наибольший интерес представляет связь подземного стока $Q_п$ с шахтным водопритоком $Q_ш$. Из табл. 2 видно, что последний составляет около 4,4% от $Q_п$ и всего лишь 1,7% от Q_0, т. е.

$$Q_ш = 0{,}5 + 0{,}017Q_п. \tag{5}$$

Погрешность расчета по формуле (5) составляет от —14,2 до +5,1%, в среднем +3,4%; алгебраическая средняя —1,8%. По формулам (1), (2) и (5) можно определить и зависимость $Q_ш$ от Q_0 и X.

Приведенные материалы свидетельствуют о возможности и правомерности использования полученных зависимостей для прогноза шахтного водопритока. В метеорологии, гидрологии, а в последние годы и в гидрогеологии разработаны различные методы прогноза [2]. Если применить их к бассейну р. Плюссы и определить с опережением в 1—2 года общий сток или годовую сумму осадков, то, пользуясь зависимостями (1), (2) и (5), можно приближенно предсказать и общий шахтный водоприток. Однако прогнозные методы весьма трудоемки. Попытаемся решить поставленный вопрос упрощенно. Имеющиеся в настоящее время материалы позволяют оценить порядок величин ожидаемого водопритока на ближайшие годы. Рассмотрев данные табл. 2, можно определить, что суммарный шахтный приток за последние 15 лет изменялся незначительно (от —8,2 до +12,6%) относительно среднего значения (0,81 $м^3/с$). Эти колебания связаны с водностью года. С 1932 по 1968 г. наблюдалось чередование многоводных и маловодных лет, притом многоводные отмечались в интервале 4—7 лет (в среднем через 5), а маловодные годы — в середине этих интервалов или вблизи максимумов. Аналогично и по подземному стоку. В такие многоводные годы, как 1952, 1953, 1955, 1956, 1957 и 1962, отношение $Q_п$ к Q_0 в среднем составляло 0,33, а в такие маловодные годы, как 1938, 1939, 1947, 1963, 1964 и 1965, соответственно, 0,50. Для многоводных лет отношение шахтного водопритока к подземному стоку составляло в среднем 0,04; для маловодных 0,05. За период 1932—1968 гг. наибольший годовой сток р. Плюссы был в 1935 г. (82,3 $м^3/с$). Следовательно, в многоводный год шахтный водоприток может составить

$$82{,}3 \cdot 0{,}33 \cdot 0{,}04 = 1{,}085 \ м^3/с \ (\text{или } 3900 \ м^3/ч),$$

что всего на 12% выше отмеченного в 1968 г. и на 13,4% больше среднего за 15 лет. Повышенный водоприток вероятен 1—2 раза за 35—40 лет.

Если построить по данным табл. 2 кривую обеспеченности водопритоков, то нетрудно показать, что 50% обеспеченности соответствуют расходам порядка 3000 $м^3/ч$. Это и есть характерные суммарные шахтные водопритоки для данного месторождения. Когда добыча сланца будет расширена и на площади между реками Плюссой и Нарвой возникнут новые горные предприятия (шахта, карьер), произойдет перераспределение водопритока и вполне возможно, что суммарный приток к ныне действующим шахтам несколько уменьшится.

II. Для выяснения вопроса, нет ли вблизи шахт сосредоточенных путей проникновения речных вод в горные выработки, осуществлен большой комплекс опытных гидрогеологических работ на участке протяженностью около 5 *км*, где р. Плюсса вступает в полосу выходов карбонатных пород ордовика (рис. 3) и прорезает их от набалласского до хревицкого стратиграфического горизонта, а в древнем своем ложе—до шундоровских слоев и ниже. Участок носит явные черты омоложения рельефа. Об этом свидетельствуют резкое сужение долины; местами крутые обрывистые берега, достигающие 8—12 *м* над уровнем реки; образование перекатов в русле Плюссы и небольших водопадов в устье Кушёлки; почти полное отсутствие аллювия; увеличение уклона реки, повышение скорости течения и т. п.

Кроме оживления эрозионной деятельности, на поверхности ордовикского плато зафиксированы проявления молодого карста, развивающегося нередко по древним карстопроявлениям. Известно, что многие тектонические трещины северо-восточного направления закарстованы в прошлые геологические эпохи и выполнены сцементированным песчаным материалом, кальцитом с сульфидами или глинистыми продуктами карсто-

вой переработки коренных пород, в том числе горючих сланцев промышленного пласта [1].

Некоторые исследователи считали, что речные воды проникают в горные выработки (особенно на пришахтном участке р. Плюссы) по имеющимся в русле тектоническим трещинам северо-восточного простирания.

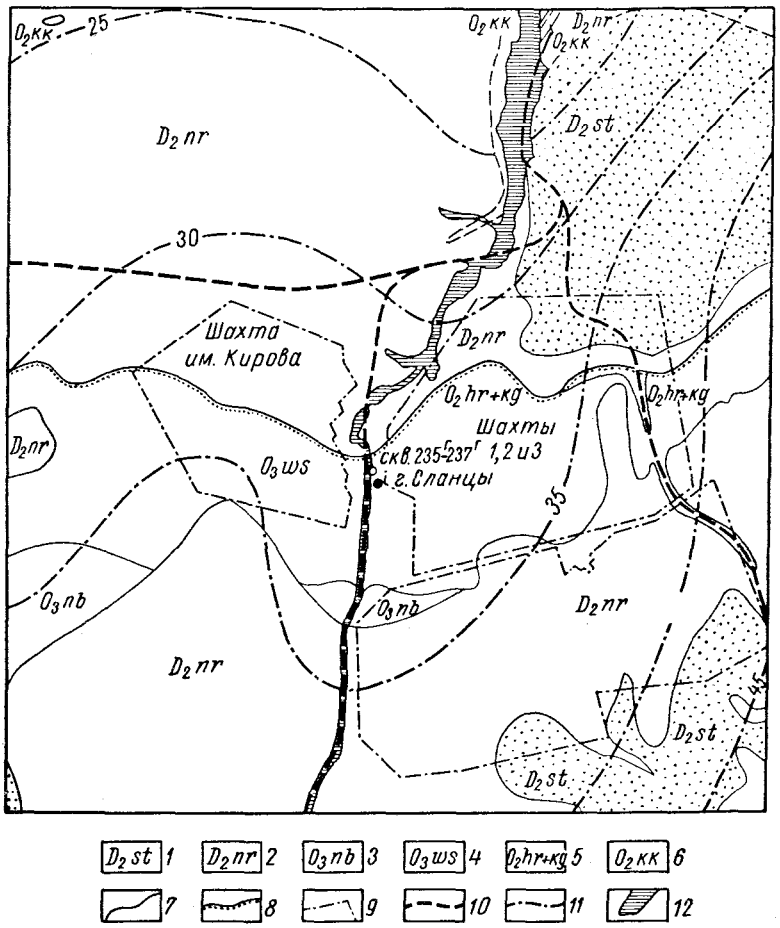


Рис. 3. Геологическая карта-схема участка нижнего течения р. Плюссы

1 — отложения аллювиального типа; *2* — лагунно-аллювиальные отложения наровской трансгрессии; *3, 4* — морские карбонатные отложения; *5* — морские мелководные отложения; *6* — прибрежно-морские отложения с прослоями горючих сланцев; *7* — границы стратиграфических горизонтов; *8* — граница *трансгрессивного налегания девонских отложений* на ордовикские (везенбергский или ордовикский структурно-эрозионный уступ); *9*—контуры шахтных полей; *10* — положение и направление древних долин (предположительно); *11*—гидроизопьезы естественного уровня ордовикского водоносного комплекса (до шахтного строительства); *12* — зона подтопления от Нарвского водохранилища

Поэтому в 1962—1965 гг. вдоль этих трещин были заданы разведочные линии скважин (гидрогеологические профили). На трех профилях было оборудовано 28 гидрогеологических скважин, из них 9 пробурено непосредственно в русле реки. Большинство скважин вскрыли иевский, кукерский и таллинский ВГ, и лишь несколько четвертичный, наровский, везенбергский и оболовый. В результате 40 откачек, 12 нагнетаний, 10 гидравлических и пневматических опытов, 6 опытов с выпусками воды из подземных скважин и длительного опыта с прорывом воды в шахте им. Кирова, а также крупномасштабной гидрогеологической съемки, гидрохими-

ческих исследований, термометрических и стационарных наблюдений, определения действительной скорости подземных вод было установлено следующее [6].

1. Везенбергский, иевский, кукерский и таллинский ВГ из-за разделяющих их водоупоров не имеют активной гидравлической взаимосвязи, в том числе и по тектоническим трещинам.

2. Параметры указанных ВГ на пришахтном участке р. Плюссы меньше средних значений параметров для всего месторождения, что препятствует попаданию поверхностных вод в горные выработки.

3. Гидравлическая связь р. Плюссы с везенбергским ВГ возможна лишь на участке, где вазалеммский водоупор погружается под уровень реки. Однако здесь, как и в остальной части прорезаемого ордовикского плато, источники везенбергского ВГ выходят выше уровня воды. Специальная термометрическая съемка в русле реки не зафиксировала субаквальных источников. Суммарный дебит обычных источников составляет от 47 до 130 $м^3/ч$, иногда выше. Величина его резко колеблется в зависимости от локальных гидрометеорологических условий. Следовательно, в пределах ордовикского плато режим подземного стока везенбергского ВГ нисходящий [2].

4. Гидравлическая связь р. Плюссы с иевским ВГ возможна лишь на участке реки, где вазалеммский водоупор срезан эрозией, о чем свидетельствовали опыты нагнетания воздуха в кегельские доломиты через русловые скважины. На водной поверхности реки появлялись цепочки из пузырьков воздуха и крупные воздушные грифоны, вытянутые вдоль незакольматированных северо-восточных трещин. При этих опытах наблюдательные скважины, заданные на везенбергский, кукерский и таллинский ВГ, совсем не реагировали, несмотря на то, что давление при нагнетании воздуха и воды достигало 5 *атм*.

5. Опыт с наиболее крупным прорывом воды (довоенных лет) на шахте им. С. М. Кирова, проводившийся в течение 20 суток с изменением режима водопритока на 400 $м^3/ч$, показал, что наблюдательные скважины (в том числе русловые), заданные на таллинский ВГ, отчетливо реагировали даже на расстоянии от 590 до 1700 *м* от очага прорыва. Скважины, заданные на вышележащие ВГ, расположенные ближе, совсем не реагировали. Эти факты указывают, во-первых, на надежность водоупоров и, во-вторых, на связь крупных прорывов с карстовыми водотоками таллинского водоносного горизонта, но не с р. Плюссой.

6. Данные гидрохимических анализов, газовый состав воды и температурные наблюдения показали, что прямой связи реки с крупными прорывами воды в шахте им. С. М. Кирова нет [3]. Таким образом, северо-восточные тектонические трещины не являются активными проводниками речных вод.

III. Выясним роль древней долины р. Плюссы в обводнении горных выработок. Гидрогеологическими скважинами 235г, 236г и 237г (см. рис. 3) на пришахтном участке обнаружен не известный до настоящего времени факт — наличие переуглубленного ложа р. Плюссы. Резкий перепад коренного ложа (более, чем на 20 *м*) на сравнительно небольшом расстоянии свидетельствует об активной эрозионной деятельности в прошлом при пересечении рекой везенбергского уступа. Такой размыв аналогичен водопадам в речках, прорезающих глинт [1].

Русловые скважины прошли на 20 *м* по разнозернистым пескам с заглинизированным гравийно-галечным материалом внизу, под ними залегали породы шундоровского водоупора мощностью 7,8 *м* и верхи кукерского ВГ. Установлено, что ниже по уклону древнего русла возможны полный размыв шундоровского водоупора и гидравлическая связь (через

обводненный аллювий) поверхностных вод с кукерским ВГ, а еще дальше, в области выклинивания ухакуского водоупора, и с таллинским ВГ. Это обстоятельство заставило исследователей внимательно изучить вопрос о влиянии древних долин на обводненность шахтных полей. Для этого было пробурено еще 14 скважин к северу от куста указанных выше и покрыта электро-профилированием площадь в 1,6 $км^2$. На рис. 3 показано расположение нескольких древних доледниковых долин, прослеженных к настоящему времени на территории месторождения. Одна из них, начинаясь от упомянутого перепада коренного ложа, прослежена в северном направлении, отклоняясь в ряде мест от современного русла р. Плюссы.

Таким образом, изучение древней долины р. Плюссы позволило выявить более сложные пути обводнения горных выработок, чем это представлялось ранее. Воды р. Плюссы и Нарвского водохранилища могут поступать в горные выработки лишь окольным путем: сначала через рыхлые аллювиальные отложения древних долин в водопроницаемые породы кукерского (несколько севернее и таллинского ВГ), а затем, двигаясь к югу, проникать сквозь зоны прорывов в горные выработки. Путь этот более трудный; на протяжении его поверхностные воды смешиваются с водами указанных выше ВГ, поэтому химический состав вод крупных прорывов не идентичен составу поверхностных [3].

IV. При изучении фильтрации речных вод в ВГ использован и электроинтегратор ЭГДА 9/60. Были смоделированы планы гидроизопьез кукерского и таллинского ВГ, построенные на основании фактических данных по сети наблюдательных скважин. Сначала, используя планы гидроизопьез 1961 г., интегратором определялись усредненные значения проводимости ВГ по каждому шахтному полю. Они оказались близкими к проводимости, полученной на основании опытных гидрогеологических работ. Такие же результаты получены и для моделей гидроизопьез 1963 г. В планах 1961 г. еще не было данных по Плюсскому участку, а в планах 1963 г. уже имеются пьезометрические уровни в русловых и прибрежных скважинах. Благодаря этому выявлено несоответствие в конфигурации гидроизопьез в плане и эквипотенциалей в модели, что позволило оценить количественно степень влияния поверхностных вод на общий приток к шахте им. С. М. Кирова и шахте 2.

На рис. 4 показана депрессионная поверхность кукерского ВГ (по состоянию на октябрь 1963 г.) и принципиальная схема подключения интегратора. По принципу суперпозиции приращение расхода подземного потока напорных вод прямо пропорционально приращению напора (в данном случае приращению потенциала). Следовательно, видоизменив первоначальную потенциальную поверхность и измерив при этом приращение тока, можно получить представление об относительной величине приращения притока воды к шахтам за счет подтока подземных вод из дополнительной области питания. Полученная система эквипотенциалей в сфере влияния р. Плюссы показана пунктиром.

Отношение силы тока на Плюсском участке к силе тока на всем питающем контуре составило 8,1 : 130. Таким образом, величина дополнительного питания со стороны древней долины небольшая — всего 6,2%. В абсолютном значении (от общего притока из кукерского ВГ) она составляет 53 $м^3/ч$. Судя по конфигурации гидроизопьез и линий тока, примерно 35 $м^3/ч$ поступает в выработки шахты им. С. М. Кирова и около 18 $м^3/ч$ — в шахту 2. Тогда в балансе водопритока по кукерскому ВГ для шахты им. С. М. Кирова и шахты 2 эти величины дают, соответственно, 17,5 и 6%. Если распространить полученные 6,2% и на таллинский ВГ, то и в этом случае дополнительный приток к шахте им. С. М. Кирова составит не

более 55—60 $м^3/ч$. В сумме по двум горизонтам дополнительный приток за счет просачивания поверхностных вод через древние долины не превысит 9% от величины общего водоотлива этой шахты. Некоторые исследователи допускали возможность проникновения в шахту им. С. М. Кирова (путем прямой фильтрации речных вод через известняки) до 276 $м^3/ч$ и усиления роли р. Плюссы в обводнении шахт по мере расширения и

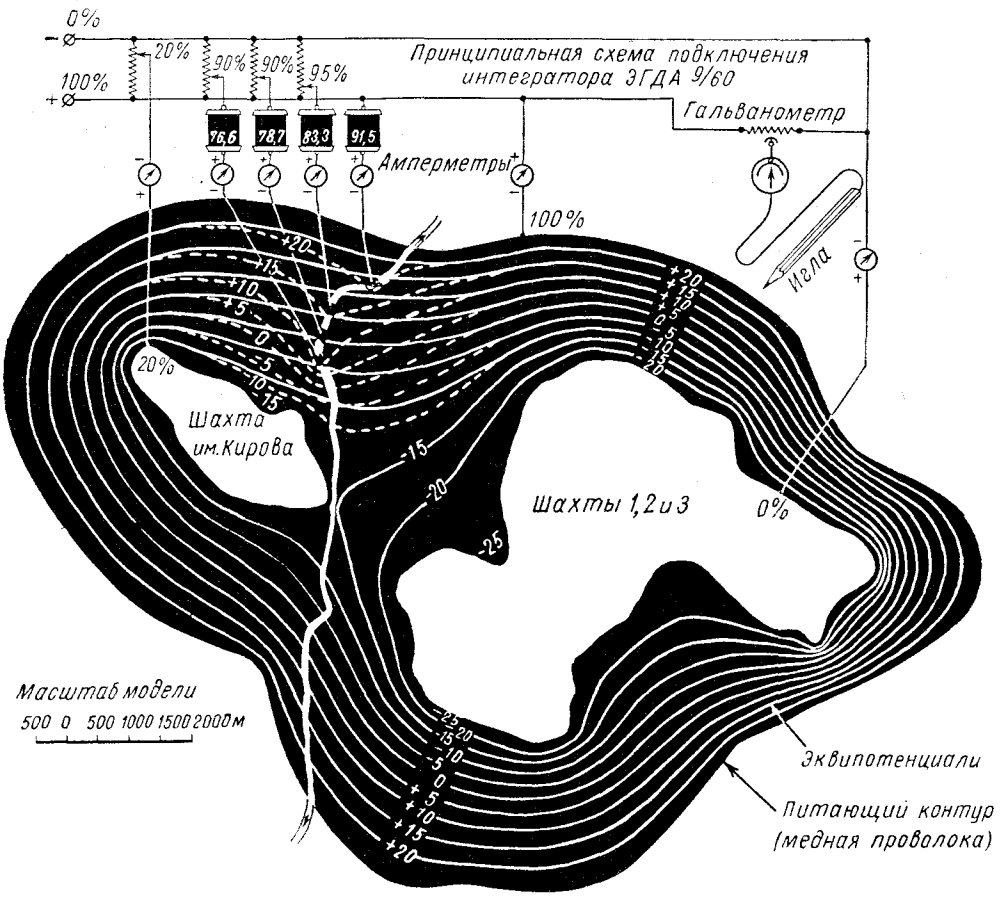


Рис. 4. Электрическая модель фильтрационной связи р. Плюссы с шахтами Ленинградского сланцевого месторождения

углубления депрессионной воронки. Нашими исследованиями это положение не подтвердилось.

Проведенные исследования существенно изменили прежние представления о роли р. Плюссы в обводнении шахт, внесли важные коррективы в понимание гидрогеологических условий бассейна р. Плюссы и ее древней долины (в основном на пришахтном участке реки), что позволило решить ряд практических вопросов: выявить возможность проходки штрека под р. Плюссой для соединения выработок шахты им. С. М. Кирова и шахты 2, обосновать расчет барьерных целиков, разработать меры борьбы с прорывами воды, выяснить условия подработки поверхностных водотоков и т. п. Исследования подтвердили возможность и целесообразность внедрения в практику гидрогеологических работ таких методов, как нагнетание воздуха в испытуемые ВГ, использование прорывов воды для определения

параметров ВГ, применение моделирования для выявления связи вод реки и древних долин с обводненностью горных выработок и использование гидрохимии в шахтной гидрогеологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гидрогеология СССР, т. 3. Ленинградская, Новгородская и Псковская области. Недра, 1967.

2. Методические рекомендации по изучению режима поверхностных и подземных вод в карстовых районах СССР. ВСЕГИНГЕО и ГГИ, 1967.

3. Паукер Н. Г. Гидрохимический метод в шахтной гидрогеологии. Зап. ЛГИ, т. XLVIII, вып. 2, 1965.

4. Решение Междуведомственного совещания по разработке унифицированных схем для докембрия и палеозоя Русской платформы (1962 г.) ВСЕГЕИ, 1965.

5. Справочник по климату. Вып. 3, ч. IV, Гидрометеоиздат, 1968.

6. Паукер Н. Г., Рыцарева З. В. Влияние р. Плюссы на обводненность шахт комбината Сланцы ЛСНХ. Тез. докл. к Межведом. совещ. по шахтным водам Северо-Западн. экономич. р-на РСФСР, НТО Горное, Л., 1964.